



جامعة القاهرة

كلية الآثار

قسم ترميم الآثار

# دراسة تقنية وعلاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية الأثرية الإسلامية تطبيقاً على بعض النماذج المختارة

رسالة مقدمة من

حمادة صادق رمضان قطب

المعهد بقسم ترميم الآثار - كلية الآثار - فرع الفيوم

للحصول على درجة الماجستير في علاج وصيانة الآثار

تحت إشراف

أ. د. / محمد عبد الهادي محمد

وكيل كلية الآثار لشئون خدمة المجتمع وتنمية البيئة سابقاً

والمستشار الثقافي بسفارة جمهورية مصر العربية في بولندا

أ. م. د. / محمد مصطفى إبراهيم

أستاذ ترميم الآثار المساعد

كلية الآثار - جامعة القاهرة

أ. م. د. / جمال عبد المجيد محجوب

أستاذ ترميم الآثار المساعد

وكيل كلية الآثار - فرع الفيوم لشئون التطعيم والطلاب

٢٠٠٥م

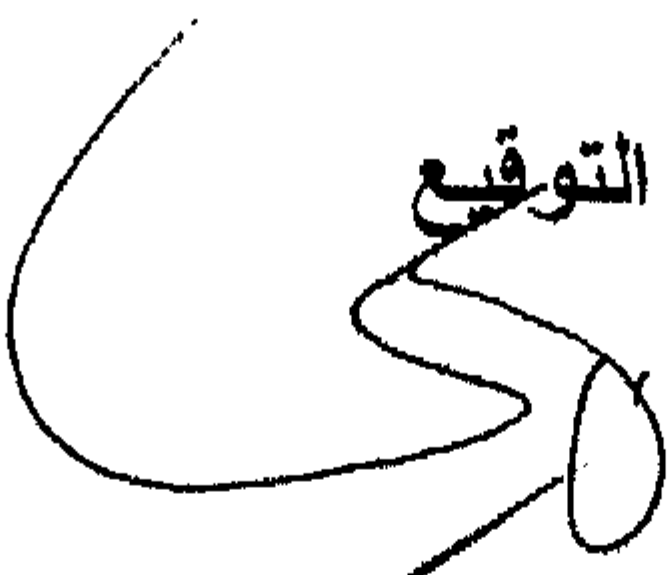
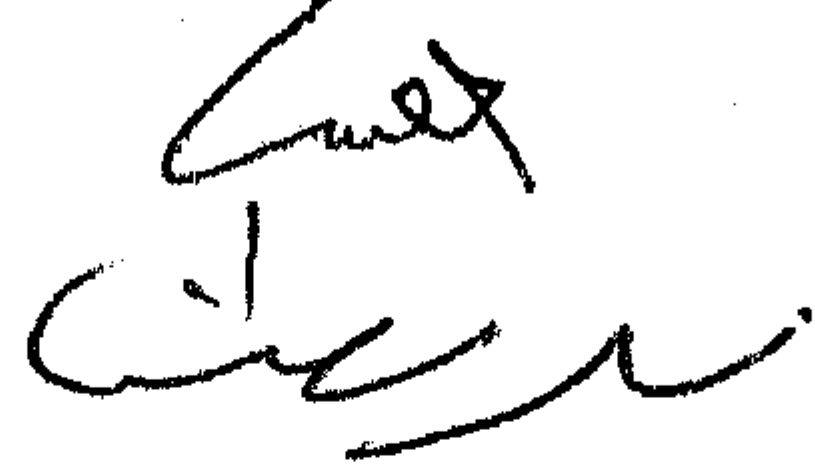

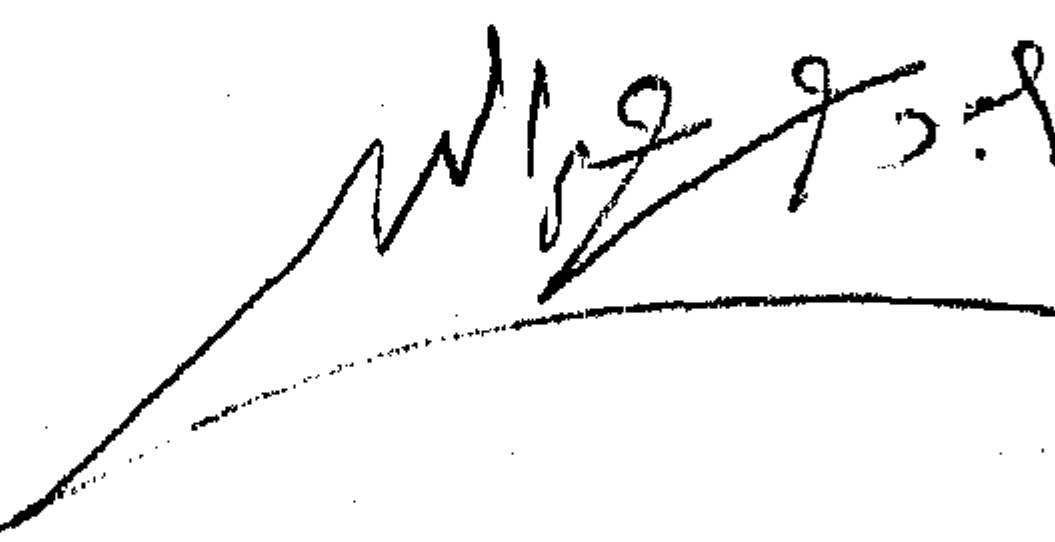



# الإجازة

أجازت لجنة المناقشة هذه الرسالة للحصول على درجة الماجستير  
في ترميم الآثار بتقدير "ممتاز" مع التوصية بطبع الرسالة على  
نفقة الجامعة وتبادلها بين الجامعات بتاريخ ٢٠٠٥/٥/٣١ م

بعد استيفاء جميع المتطلبات

## اللجنة

| الاسم                           | الدرجة العلمية | التوقيع                                                                             |
|---------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ١- أ.د/ محمد عبد الهادي محمد    | أستاذ          |  |
| ٢- أ.م.د/ جمال عبد المجيد محجوب | أستاذ مساعد    |  |
| ٣- أ.م.د/ محمد محمد مصطفى       | أستاذ مساعد    |  |
| ٤- أ.د/ فاطمة محمد حلمي         | أستاذ          |  |
| ٥- أ.د/ عمر عبد العزيز          | أستاذ          |  |





## ملخص الرسالة

تتناول هذه الرسالة دراسة تقنية وعلاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية الأثرية الإسلامية تطبيقاً على بعض النماذج المختارة ، وتنقسم الرسالة إلى ستة فصول

الفصل الأول يتناول دراسة خامات وتقنية أدوات الإضاءة الخزفية حيث تم تقسيم أدوات الإضاءة حسب تكوينها إلى بدن وتزجيج. ويتكون البدن من الطفلة مع بعض المواد المضافة أما التزجيج فيتكون من السليكا و بعض المواد المصهرة وقد أضيفت بعض المواد الملونة إلى التزجيج مثل أكاسيد الحديد والنحاس والتيتانيوم . وتناول هذا الفصل أيضا أساليب صناعة البدن و التزجيج .

الفصل الثاني يتناول خصائص الخزف المختلفة مثل المسامية و القوة و لون البدن الخزفي و كذلك الخواص الحرارية و أيضا الصلادة و الكثافة و أيضا نسيج البدن الداخلى وسمك جدران القطعة

الفصل الثالث عوامل ومظاهر التلف التى تتعرض لها أدوات الإضاءة تم تقسيم هذا الفصل إلى عوامل التلف ومظاهر التلف و قد مرت عمليات التلف بأربع مراحل أولها هى العوامل المرتبطة بالصناعة وثانى هذه العوامل هى الاستخدام وثالثها التلف الناتج عن الدفن فى التربة وأخير التلف الناتج عن الكشف و بالنسبة لمظاهر التلف فهناك الشروخ وأيضا هناك الالتواء وأيضا التصدع " الطرقة " و كذلك تشرخ التزجيج و التقشر و التبرثر وهناك أيضا البقع الدهنية والسوداء الناتجة عن الاستخدام. وأيضا التآكل الذى يمثل تتويجا لتأثير كل عوامل التلف متحدة .

الفصل الرابع دراسة علاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية يتم البدء بالتنظيف ثم استخلاص الأملاح ثم التجميع و التقوية بالإضافة إلى عملية الاستكمال

الفصل الخامس طرق الفحص والتحليل : فقد استخدم الميكروسكوب المستقطب فى دراسة نسيج البدن والعلاقة بين البدن والتزجيج أما طريقة حيود الأشعة السينية فقد استخدمت فى التعرف على مكونات البدن أما الميكروسكوب الالكترونى الماسح المزود بوحدة EDX فقد استخدم فى دراسة البدن وذلك بالفحص والتحليل أما بالنسبة لاستخدامه فى دراسة مواد الترميم فقد استخدم فى دراسة مواد التنظيف مثل محلول الكالجون ، واستخدم أيضا فى دراسة مدى تغلغل وتغليف مواد التقوية المختلفة لمكونات البدن .

الفصل السادس الجانب التطبيقى يتناول هذا الفصل الجانب التطبيقى على مجموعة مسارح من المتحف الإسلامى بكلية الآثار. وقد بدأت عمليات العلاج بالتنظيف الميكانيكى فى بعض القطع وبالتقوية المبدئية لبعض القطع وتم إزالة الترميم الخاطئ بالطرق الميكانيكية وإزالة البقايا بالمواد الكيميائية. أما عملية الاستكمال فكانت من الأهمية بمكان حيث تم استكمال أجزاء مختلفة لأكثر من ١٦ قطعة بينما المجموعة الباقية بدون استكمال وذلك لعدم وجود دلائل للاستكمال وتم الاستكمال باستخدام مسحوق الفخار الذائب فى محلول البارالويد ٧٢ بتركيز ٥٠% . وبعد ذلك تم التلوين باستخدام ألوان الأكريليك بدرجات مقاربة للون الأصلى ، وبعد التلوين استخدم محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لإعطاء طبقة لامعة على السطح .



## الكلمات الدالة

مسارج خزفية

ترجيح

مساعات الصهر

الخواص الحرارية

تلف

التنظيف

الكالجون

التقوية

استكمال

اعادة تلوين



الإهداء

إلى أسرتي الحريمة

إلى أبي وأمي



## شكر وتقدير

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على سيدنا محمد أشرف المرسلين  
والحمد لله الذي أعاننا على إتمام البحث .

في البداية أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى أ . د محمد عبد الهادي - وكيل كلية  
الآثار السابق والمستشار الثقافي بسفارة جمهورية مصر العربية في بولندا على سعة صدره  
وتوجيهاته ومساعداته الدائمة التي عهدناها منه ، وأتقدم بالشكر إلى د . جمال محجوب -  
وكيل كلية الآثار لشئون التعليم والطلاب - كلية الآثار - فرع الفيوم على إشرافه على  
الرسالة وعلى مساعداته الدائمة ونصائحه الهامة وإحتضانه للدارسين .

أتوجه بخالص الشكر والعرفان والتقدير إلى د . محمد مصطفى - الأستاذ المساعد  
بقسم الترميم - كلية الآثار على توجيهاته الدائمة فأنا أعلم أنني أتقلت عليه فجزاه الله عنى  
خير الجزاء .

وأتوجه بالشكر إلى أ . د / فاطمة حلمي - الأستاذ المتفرغ بقسم ترميم الآثار -  
كلية الآثار على موافقتها على مناقشة الرسالة وعلى مساعداتها الدائمة أثناء فترة الدراسة  
وأشكر بصفة خاصة أ . د . عمر عبد العزيز - رئيس قسم الخزف الأسبق . كلية الفنون  
التطبيقية جامعة حلوان .

وأتوجه بالشكر إلى أ . د / عبد الحليم نور الدين - عميد كلية الآثار بفرع الفيوم على  
مساعداته لأبنائه الدارسين بالكلية .

وأتوجه بالشكر إلى د . شحاته أحمد عبد الرحيم - المشرف على قسم الترميم  
بالفيوم على توجيهاته ونصائحه ومساعداته .

وأشكر د . ميرفت عبد الهادي - أمين قسم الزجاج بمتحف الفن الإسلامي على  
مساعدتها ، وأشكر أ . إبراهيم عبد الرحمن - رئيس تفتيش الفسباط على مساعدته  
للحصول على عينات الدراسة .





وأشكر أيضا د . موريس جندى و أ. أحمد وجيه لمساعدتهم فى الدراسة بالميكروسكوب المستقطب وأشكر كل من د . ناصر لطفى و د . عادل فؤاد و د . جوزيف سمعان لمساعدتهم فى دراسة العينات بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح .

وأشكر أيضا د . فاطمة دياب والعاملون بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار على تعاونهم أثناء إجراء الجانب التطبيقي بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار .

وأشكر *Alice Paterakis* - رئيس الترميم فى حفائر *Agora* بأثينا و *Janita Navarvo* - مسئول الترميم بالمتحف البريطانى على مساعدتهم ، وأشكر كل من أ.مراد فوزى ، أ.شعبان الأمير ، أ.وليد على ، أ.محمود عوض ، أحمد مصطفى ، أ.شريف عبد العاطى .

وفى النهاية أتقدم بخالص الشكر والعرفان والتقدير إلى أسرتى فلهم منى كل الحب والود .



الفهارس



## فهرس الموضوعات

| الصفحة | الموضوع                                                |
|--------|--------------------------------------------------------|
|        | - الإهداء                                              |
|        | - الشكر والتقدير                                       |
|        | - فهرس الموضوعات                                       |
|        | - فهرس الصور                                           |
|        | - فهرس الأشكال                                         |
|        | - فهرس الجداول                                         |
| أ - ج  | - المقدمة                                              |
| د      | - الهدف من البحث                                       |
| هـ - و | - ملخص البحث                                           |
| ك - ص  | - الأعمال السابقة                                      |
|        | مقدمة أثرية                                            |
| ١      | - المسارج اللوزية                                      |
| ٢      | - المسارج ذات البدن الكروي                             |
| ٢      | - المسارج على شكل صندوق                                |
| ٣      | - المسارج ذات البدن على شكل طبق                        |
| ٣      | - المسارج ذات البدن الاسطوانى                          |
|        | الفصل الأول : دراسة خامات وتقنية أدوات الإضاءة الخزفية |
| ٥      | أولا : البدن                                           |
| ٥      | ١ - الطفلة                                             |
| ٩      | - تقسيم الطفلات حسب طريقة تكونها                       |
| ١٢     | - خواص الطفلات                                         |
| ١٦     | ٢ - المواد المعدلة                                     |



|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| ١٩ | ثانيا : التزجيج                       |
| ٢٠ | - التمييز بين الزجاج والتزجيج .       |
| ٢٠ | - مكونات التزجيج .                    |
| ٢١ | - السليكا .                           |
| ٢٢ | - الألومنيا .                         |
| ٢٢ | - مساعدات الصهر .                     |
| ٢٩ | - المواد الملونة فى التزجيج .         |
| ٣٢ | - تصنيف التزجيجات .                   |
| ٣٥ | أساليب صناعة أدوات الإضاءة الخزفية    |
| ٣٥ | أ - صناعة البدن                       |
| ٣٨ | المقايض والقطع الإضافية               |
| ٤٠ | ب - التجفيف                           |
| ٤٠ | ج - الحرق                             |
| ٤٢ | تأثير الحرق على مكونات البدن المختلفة |
| ٤٥ | - تطبيق التزجيج                       |
| ٤٨ | - أفران الحرق                         |
| ٥٠ | الوقود والفتائل .                     |
|    | الفصل الثانى : خواص الخزف             |
| ٥١ | ١ - المسامية                          |
| ٥٧ | ٢ - القوة                             |
| ٦٢ | ٣ - اللون                             |
| ٦٧ | ٤ - الخواص الحرارية                   |
| ٧١ | ٥ - الصلادة                           |
| ٧٢ | ٦ - الكثافة                           |
| ٧٣ | ٧ - التركيب الدقيق                    |





|     |                                                                        |
|-----|------------------------------------------------------------------------|
| ٧٤  | ٨ - النسيج                                                             |
| ٧٥  | ٩ - السمك                                                              |
|     | الفصل الثالث : عوامل ومظاهر التلف التى تتعرض لها أدوات الإضاءة الخزفية |
| ٧٦  | أولا : عوامل تلف أدوات الإضاءة الخزفية .                               |
| ٧٦  | ١- عوامل مرتبطة بالتقنية .                                             |
| ٧٩  | ٢- عوامل تلف مرتبطة بالوظيفة " الاستخدام " .                           |
| ٨٠  | ٣- التلف الناتج عن الدفن                                               |
| ٨١  | - الرطوبة                                                              |
| ٨٣  | - الأملاح                                                              |
| ٨٦  | - الحموضة والقلوية                                                     |
| ٨٧  | ٤- التلف الناتج بعد الكشف                                              |
| ٨٨  | - التلف الناتج عن اختلاف بيئة التعريض عن بيئة الدفن                    |
| ٨٩  | - التلف الناتج عن أعمال الترميم الخاطئ                                 |
| ٩١  | ثانيا : مظاهر التلف                                                    |
| ٩١  | - الشروخ                                                               |
| ٩٤  | - الالتواء                                                             |
| ٩٤  | - التصدع                                                               |
| ٩٧  | - تشرخ التزجيج                                                         |
| ٩٨  | - الشروخ المقصودة                                                      |
| ٩٩  | - الزحف                                                                |
| ٩٩  | - التقشر                                                               |
| ١٠٠ | - الانتفاخ                                                             |
| ١٠١ | - التبثر                                                               |
| ١٠١ | - الحفر                                                                |
| ١٠٣ | - التآكل                                                               |



|     |                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------|
|     | الفصل الرابع : دراسة علاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية           |
| ١٠٦ | مقدمة                                                            |
| ١٠٦ | أولا : التنظيف                                                   |
| ١٠٦ | - التنظيف الميكانيكى                                             |
| ١٠٨ | - التنظيف الكيميائي                                              |
| ١١٣ | - التنظيف بالأنزيمات                                             |
| ١١٣ | - التنظيف بالموجات فوق الصوتية                                   |
| ١١٤ | - التنظيف بالليزر                                                |
| ١١٥ | - إزالة مواد الترميم القديم                                      |
| ١١٦ | ثانيا : استخلاص الأملاح                                          |
| ١١٨ | ثالثا : التجميع                                                  |
| ١١٩ | - الشروط الواجب توافرها فى المادة اللاصقة                        |
| ١٢٠ | - اللواصق                                                        |
| ١٢٤ | رابعا : التقوية                                                  |
| ١٢٤ | - الشروط الواجب توافرها فى مواد التقوية                          |
| ١٢٥ | - المقويات                                                       |
| ١٣١ | خامسا : عملية الاستكمال                                          |
| ١٣١ | الشروط الواجب توافرها فى مواد الاستكمال                          |
| ١٣٥ | سادسا : العرض العلمى والفنى لأدوات الإضاءة الخزفية               |
|     | الفصل الخامس : طرق الفحص والتحليل                                |
| ١٣٨ | ١ - الميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope .                 |
| ١٤٧ | ٢ - حيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction                        |
| ١٨٤ | ٣ - الميكروسكوب الالكترونى الماسح Scanning Electron Microscope . |
| ١٩٨ | أولا : استخدام الميكروسكوب الماسح فى دراسة البدن .               |
| ٢٠٨ | ثانيا : استخدام الميكروسكوب الالكترونى الماسح فى دراسة التزجيج   |



|     |                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|
| ٢٣٣ | ثالثًا : استخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح في دراسة مواد الترميم. |
| ٢٣٣ | أ - دراسة مواد التنظيف .                                              |
| ٢٣٦ | ب - دراسة مواد التقوية .                                              |
|     | الفصل السادس : الجانب التطبيقي على مجموعة المسارج الخزفية المختارة    |
| ٢٤٤ | - وصف مسارج المجموعة الاولى                                           |
| ٢٤٥ | - حالة مسارج المجموعة الأولى                                          |
| ٢٤٨ | - مراحل العلاج والصيانة للمجموعة الأولى                               |
| ٢٥٧ | - وصف مسارج المجموعة الثانية                                          |
| ٢٥٨ | - حالة مسارج المجموعة الثانية ومراحل الترميم المختلفة                 |
| ٢٧٧ | - مناقشة النتائج المستخلصة من الرسالة .                               |
| ٢٨٣ | - التوصيات .                                                          |
| ٢٨٥ | - قائمة المراجع .                                                     |



## فهرس الصور

| م  | الوصف                                                                                          | رقم الصفحة |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ١  | أحد المسارج على شكل حيوان                                                                      | ٤          |
| ٢  | مسرجة ذات بدن كروى ويلاحظ أن المقبض على شكل فأر.                                               | ٤          |
| ٣  | أحد المسارج ذات البدن الكروى والتزجيج المبرقش .                                                | ٤          |
| ٤  | مسرجة على شكل صندوق وتتميز بوجود مشعل واحد .                                                   | ٤          |
| ٥  | مسرجة على شكل طبق .                                                                            | ٤          |
| ٦  | صورة توضح تأثير اليد فى التشكيل على العجلة .                                                   | ٣٧         |
| ٧  | صورة توضح شرح بالقاعدة على شكل حرف " S " .                                                     | ١٠٥        |
| ٨  | صورة توضح الشروخ المنتشرة فى التزجيج وقد امتلئت بالاتساخات نتيجة الاستخدام.                    | ١٠٥        |
| ٩  | صورة توضح عدم تغطية طبقة التزجيج لباقي البدن فيما يعرف بالزحف                                  | ١٠٥        |
| ١٠ | صورة توضح التآكل والضعف الذى ينتشر بقاعدة مسرجة - متحف الفن الإسلامى بالقاهرة.                 | ١٠٥        |
| ١١ | صورة توضح أحد حبيبات البلاجيوكليز وسط حبيبات الكوارتز (العينة الأولى)                          | ١٤١        |
| ١٢ | صورة توضح التحام بعض حبيبات الكوارتز مع وجود بعض أكاسيد الحديد (العينة الأولى).                | ١٤١        |
| ١٣ | صورة توضح وجود بعض حبيبات البيوتيت مع تفاوت حجم الكوارتز (العينة الثانية)                      | ١٤١        |
| ١٤ | صورة توضح التداخل بين البدن والتزجيج وانتقال بعض مكونات البدن إلى التزجيج ( العينة الثانية ) . | ١٤١        |





|    |                                                                                                                                   |     |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ١٥ | صورة توضح التوزيع الجيد لحبيبات الفلنت مع انتشار بعض أكاسيد الحديد ( العينة الثانية) .                                            | ١٤٢ |
| ١٦ | صورة توضح خليط من الكوارتز والفلنت مع انتشار بعض حبيبات البلاجيوكليز (العينة الثانية) .                                           | ١٤٢ |
| ١٧ | صورة توضح انتشار البلاجيوكليز مع وجود أحد حبيبات البيروكسين (العينة الرابعة)                                                      | ١٤٢ |
| ١٨ | صورة توضح المنطقة الفاصلة بين البدن والتزجيج (العينة الرابعة) .                                                                   | ١٤٢ |
| ١٩ | صورة توضح تجانس النسيج وذلك بالتوزيع الجيد للفلنت (العينة الخامسة) .                                                              | ١٤٤ |
| ٢٠ | صورة توضح انتشار أكاسيد الحديد داخل النسيج مع وجود بعض حبيبات البلاجيوكليز (العينة الخامسة) .                                     | ١٤٤ |
| ٢١ | صورة توضح التداخل بين البدن والتزجيج والتفاوت في حجم حبيبات الكوارتز (العينة السادسة) .                                           | ١٤٤ |
| ٢٢ | صورة توضح طبقة التزجيج والبدن بين المستقطبين المتعامدين والتوازي بين حبيبات الكوارتز مع وجود بعض أكاسيد الحديد (العينة السادسة) . | ١٤٤ |
| ٢٣ | صورة توضح التوزيع المتجانس لحبيبات الكوارتز ولكن هناك عدم تجانس في حجم الحبيبات (العينة السابعة) .                                | ١٤٥ |
| ٢٤ | صورة توضح طبقة التزجيج ويلاحظ ارتفاع نسبة الكوارتز وأكاسيد الحديد (العينة السابعة) .                                              | ١٤٥ |
| ٢٥ | صورة توضح طبقة التزجيج والبدن الذى يتميز بارتفاع نسبة الكوارتز وعدم التجانس فى حبيباتها (العينة الثامنة) .                        | ١٤٥ |
| ٢٦ | صورة توضح الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين ونلاحظ تشوه بعض حبيبات الكوارتز وعدم استواء سطح البدن (العينة الثامنة) .       | ١٤٥ |
| ٢٧ | صورة توضح التداخل بين البدن والتزجيج ويلاحظ زيادة حجم حبيبات الكوارتز مع عدم التجانس (العينة التاسعة) .                           | ١٤٦ |



|    |                                                                                                                            |     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ٢٨ | صورة توضح الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين ويلاحظ التشوه الذى حدث لحبيبات الكوارتز كبيرة الحجم (العينة التاسعة) .  | ١٤٦ |
| ٢٩ | صورة توضح طبقة التزجيج التى لم يكتمل انصهار كل مكوناتها والبدن ومنطقة التداخل بينهما (العينة العاشرة) .                    | ١٤٦ |
| ٣٠ | صورة توضح الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين وتوضح النسيج المتجانس دقيق الحبيبات (العينة العاشرة) .                  | ١٤٦ |
| ٣١ | صورة توضح النسيج المتجانس الذى يتميز بدقة حبيباته (العينة الحادية عشر) .                                                   | ١٤٨ |
| ٣٢ | صورة توضح أرضية غنية بأكاسيد الحديد كما أن سطح البدن غير مستوى (العينة الحادية عشر) .                                      | ١٤٨ |
| ٣٣ | صورة توضح طبقة التزجيج وبها بعض المكونات التى لم تتصهر ويظهر منطقة التداخل بين البدن والتزجيج (العينة الثانية عشر) .       | ١٤٨ |
| ٣٤ | صورة توضح الصورة بين المستقطبين ويلاحظ وجود أكاسيد الحديد بوفرة كما أن حبيبات الكوارتز حادة الزوايا (العينة الثانية عشر) . | ١٤٨ |
| ٣٥ | صورة توضح أرضية غنية بحبيبات الكوارتز مختلفة الشكل والحجم والتوزيع (العينة الثالثة عشر) .                                  | ١٤٩ |
| ٣٦ | صورة توضح طبقة التزجيج ذات السمك الكبير والزوايا الحادة لحبيبات الكوارتز (العينة الثالثة عشر) .                            | ١٤٩ |
| ٣٧ | صورة توضح للتوزيع غير المتجانس للكوارتز مع وجود تجمعات منه فى بعض المناطق (العينة الرابعة عشر) .                           | ١٤٩ |
| ٣٨ | صورة توضح أرضية غنية بأكاسيد الحديد مع وجود حبيبة من البيروكسين وحبيبات كوارتز ذات أحجام مختلفة (العينة الرابعة عشر) .     | ١٤٩ |
| ٣٩ | صورة توضح التشوه الذى حدث لأحد حبيبات الكوارتز .                                                                           | ٢٠٠ |
| ٤٠ | صورة توضح تداخل حبيبات الكوارتز معا بالإضافة لوجود شائبة من الزركون .                                                      | ٢٠٠ |
| ٤١ | صورة توضح بعض الفقاعات الموجودة فى طبقة التزجيج .                                                                          | ٢٠٠ |



|    |                                                                          |     |
|----|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| ٤٢ | صورة توضح شكل احد حبيبات الكوارتز بالميكروسكوب الألكترونى الماسح .       | ٢٠٠ |
| ٤٣ | صورة توضح منطقة التداخل بين التزجيج والبدن .                             | ٢٠٠ |
| ٤٤ | صورة توضح تساقط بعض الأجزاء من طبقة التزجيج ووجود بعض الشروخ بها .       | ٢٠٠ |
| ٤٥ | صورة توضح التجانس فى نسيج العينة وصغر حجم حبيبات الكوارتز .              | ٢٠١ |
| ٤٦ | صورة توضح انخفاض المسامية وتداخل الحبيبات معا .                          | ٢٠١ |
| ٤٧ | صورة توضح تجمع كمية من حبيبات الكوارتز فى منتصف الصورة .                 | ٢٠١ |
| ٤٨ | صورة توضح طبقة التزجيج والبدن فى العينة .                                | ٢٠١ |
| ٤٩ | صورة توضح تفاصيل أكبر لطبقة التزجيج .                                    | ٢٠١ |
| ٥٠ | صورة توضح انخفاض المسامية وارتفاع نسبة الكوارتز .                        | ٢٠١ |
| ٥١ | صورة توضح حالة الضعف التى تظهر بالقطعة رقم (٣) مجموعة المتحف             | ٢٣٧ |
| ٥٢ | صورة توضح شكل البدن قبل التنظيف بالكالجون .                              | ٢٣٧ |
| ٥٣ | صورة توضح شكل البدن بعد التنظيف بالكالجون لمدة ١٠ دقائق .                | ٢٣٧ |
| ٥٤ | صورة توضح شكل البدن بعد التنظيف بالكالجون لمدة ٢٠ دقيقة .                | ٢٣٧ |
| ٥٥ | صورة توضح شكل البدن المسامى قبل التنظيف بالكالجون .                      | ٢٣٧ |
| ٥٦ | صورة توضح شكل البدن المسامى بعد التنظيف بالكالجون .                      | ٢٣٧ |
| ٥٧ | صورة توضح شكل البدن مرتفع المسامية قبل التنظيف بالكالجون .               | ٢٣٨ |
| ٥٨ | صورة توضح شكل البدن مرتفع المسامية بعد التنظيف بالكالجون .               | ٢٣٨ |
| ٥٩ | صورة توضح شكل البدن منخفض المسامية قبل التنظيف بالكالجون                 | ٢٣٨ |
| ٦٠ | صورة توضح شكل البدن منخفض المسامية بعد التنظيف بالكالجون لمدة ١٠ دقائق   | ٢٣٨ |
| ٦١ | صورة توضح شكل البدن منخفض المسامية بعد التنظيف بالكالجون لمدة ٢٠ دقيقة . | ٢٣٨ |
| ٦٢ | صورة توضح بدن منخفض المسامية دون التعرض للتقوية .                        | ٢٤٠ |



|     |                                                                                                  |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ٢٤٠ | صورة توضح بدن مرتفع المسامية دون التعرض للتقوية .                                                | ٦٣ |
| ٢٤٠ | صورة توضح بدن منخفض المسامية بعد التقوية بالبارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% .                            | ٦٤ |
| ٢٤٠ | صورة توضح شكل البدن المسامي بعد تقويته بمحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% .                        | ٦٥ |
| ٢٤٠ | صورة توضح شكل البدن مرتفع المسامية بعد تقويته ب ٣% ثم ٥% من محلول البارالويد ب ٧٢ .              | ٦٦ |
| ٢٤٠ | صورة توضح شكل البدن المسامي بعد تقويته ب ٣% ثم ٥% بمحلول البارالويد ب ٧٢ .                       | ٦٧ |
| ٢٤١ | صورة توضح شكل بدن منخفض المسامية بعد تقويته ٣% ثم ٥% من محلول البارالويد ب ٧٢ .                  | ٦٨ |
| ٢٤١ | صورة توضح أحد عينات الفسطاط بعد تقويتها بمحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣% ثم ٥% .                 | ٦٩ |
| ٢٤١ | صورة توضح بدن مرتفع المسامية تم تقويته بمحلول من الأديكون بنسبة بنسبة ١ : ١ مع الزايلين .        | ٧٠ |
| ٢٤١ | صورة توضح بدن منخفض المسامية بعد تقويته بمحلول من الأديكون بنسبة ١ : ١ مع الزايلين .             | ٧١ |
| ٢٤١ | صورة توضح بدن مرتفع المسامية بعد تقويته بسيليكات الأثيل .                                        | ٧٢ |
| ٢٤١ | صورة توضح بدن منخفض المسامية بعد تقويته بسيليكات الأثيل .                                        | ٧٣ |
| ٢٤٣ | صورة توضح بدن مرتفع المسامية بعد تقويته بمادة البولي فينيل بيوترا ل ٥% .                         | ٧٤ |
| ٢٤٣ | صورة توضح بدن منخفض المسامية بعد تقويته بمحلول ٥% من البولي فينيل بيوترا ل .                     | ٧٥ |
| ٢٤٣ | صورة توضح بدن منخفض المسامية بعد تقويته بالبارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% ثم البولي فينيل بيوترا ل ٥% . | ٧٦ |





|     |                                                                                                  |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ٢٤٣ | صورة توضح البدن مرتفع المسامية بعد تقويته بالبارالويد ب٧٢ بتركيز ٥% ثم البولى فينيل بيوتراى ٥% . | ٧٧ |
| ٢٤٦ | صورة توضح قطعة رقم (١) يلاحظ عيوب الصناعة بها.                                                   | ٧٨ |
| ٢٤٦ | صورة توضح احتواء سطح القطعة رقم (١) على الحفر واختلاف ألوان طبقة التزجيج .                       | ٧٩ |
| ٢٤٦ | صورة توضح القطعة رقم (٣) التى تعاني من فقدان بعض الأجزاء وتساقط طبقة التزجيج .                   | ٨٠ |
| ٢٤٦ | صورة توضح قاعدة القطعة رقم (٣) حيث تعرضت لتساقط التزجيج وتعالى من الضعف .                        | ٨١ |
| ٢٤٦ | صورة توضح القطعة رقم (٤) وما بها من عيوب ناتجة عن المراحل الأولية للصناعة .                      | ٨٢ |
| ٢٤٦ | صورة توضح الفقاعات المنتشرة فى تزجيج القطعة رقم (٤)                                              | ٨٣ |
| ٢٤٩ | صورة توضح الاستكمال الخاطئ للقطعة رقم (٦) .                                                      | ٨٤ |
| ٢٤٩ | صورة توضح الجزء المتبقى من القطعة رقم (١٢) .                                                     | ٨٥ |
| ٢٤٩ | صورة توضح استخدام سلك معدني فى تجميع القطعة رقم (١٣)                                             | ٨٦ |
| ٢٤٩ | صورة توضح فقدان أجزاء من المشعل والفوهة والمقبض للقطعة رقم (٢٢)                                  | ٨٧ |
| ٢٤٩ | صورة توضح تساقط بعض الاجزاء من طبقة التزجيج من القطعة رقم (٢٣) .                                 | ٨٨ |
| ٢٤٩ | صورة توضح شكل القطعة رقم (١) بعد الترميم .                                                       | ٨٩ |
| ٢٥١ | توضح المشعلين بعد الانتهاء من التنظيف والتقوية النهائية للقطعة رقم (٣)                           | ٩٠ |
| ٢٥١ | توضح قطعة رقم (٣) بعد الانتهاء من عمليات التنظيف والتقوية وتثبيت طبقة التزجيج .                  | ٩١ |
| ٢٥١ | توضح القطعة رقم (٤) بعد تنظيف الأتربة مما عليها وإزالة جزء من الطبقة السوداء                     | ٩٢ |
| ٢٥١ | توضح خلفية المشعل للقطعة رقم (٦) بعد إزالة جزء من طبقة الاستكمال .                               | ٩٣ |



|     |                                                                             |     |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| ٢٥١ | توضح مشعل القطعة رقم (٦) بعد إزالة مادة الاستكمال .                         | ٩٤  |
| ٢٥١ | توضح القطعة رقم (٦) بعد الانتهاء من عمليات الترميم .                        | ٩٥  |
| ٢٥٤ | توضح القطعة رقم (١٢) بعد الانتهاء من التقوية والتنظيف .                     | ٩٦  |
| ٢٥٤ | توضح القطعة رقم (١٣) بعد الانتهاء من التنظيف .                              | ٩٧  |
| ٢٥٤ | توضح القطعة رقم (٢٢) بعد الانتهاء من التنظيف والتقوية .                     | ٩٨  |
| ٢٥٤ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢٣) بعد الانتهاء من عمليات الترميم .         | ٩٩  |
| ٢٥٤ | القطعة رقم (٩) وما عليها من اتساخات وفقدان لبعض أجزائها .                   | ١٠٠ |
| ٢٥٤ | توضح القطعة رقم (٩) بعد الانتهاء من التنظيف واستكمال الفوهة .               | ١٠١ |
| ٢٥٦ | توضح البالقة المستخدمة عند إعادة التلوين .                                  | ١٠٢ |
| ٢٥٦ | توضح القطعة رقم (٩) بعد الانتهاء من الاستكمال وإعادة التلوين .              | ١٠٣ |
| ٢٥٦ | توضح القطعة رقم (١١) وفقد للجزء الخارجى من الشريط الزخرفى والفوهة والمقبض . | ١٠٤ |
| ٢٥٦ | القطعة رقم (١١) بعد استكمالها باستخدام البلاستوسين .                        | ١٠٥ |
| ٢٥٦ | توضح القطعة رقم (١١) بعد استكمال الشريط الزخرفى .                           | ١٠٦ |
| ٢٥٦ | توضح الشكل النهائي للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة           | ١٠٧ |
| ٢٦٠ | توضح القطعة رقم (٢) وما بها من ترميم قديم .                                 | ١٠٨ |
| ٢٦٠ | توضح القطعة رقم (٢) بعد التنظيف واستخدام البلاستوسين فى الاستكمال المبدئى . | ١٠٩ |
| ٢٦٠ | توضح استكمال القطعة رقم (٢) .                                               | ١١٠ |
| ٢٦٠ | توضح القطعة رقم (٢) بعد الانتهاء من عمليات الاستكمال وإعادة التلوين .       | ١١١ |
| ٢٦٠ | توضح حالة القطعة رقم (٥) ويلاحظ ضعف حالة الجبس المستخدم فى الترميم القديم   | ١١٢ |



|     |                                                                                               |         |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| ٢٦٠ | توضح شكل القطعة رقم (٥) بعد الانتهاء من إزالة الترميم القديم وإجراء عمليات التنظيف المختلفة . | ١١٣     |
| ٢٦١ | توضح القطعة رقم (٥) بعد الانتهاء من الاستكمال .                                               | ١١٤-١١٥ |
| ٢٦١ | توضح شكل القطعة رقم (٥) بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة                               | ١١٦-١١٧ |
| ٢٦١ | توضح القطعة رقم (٧) وما بها من فقد في الفوهة والمشعل .                                        | ١١٨     |
| ٢٦١ | توضح قاعدة القطعة رقم (٧) بعد تنظيف جزء من القاعدة باستخدام الكالجون                          | ١١٩     |
| ٢٦٣ | توضح القطعة رقم (٧) بعد استكمالها بخليط مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% .      | ١٢٠     |
| ٢٦٣ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٧) بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .                   | ١٢١     |
| ٢٦٣ | توضح شكل القطعة رقم (٨) وما بها من فقد في الفوهة والمشعل .                                    | ١٢٢     |
| ٢٦٣ | توضح استكمال الأجزاء الناقصة للقطعة رقم (٨) .                                                 | ١٢٣     |
| ٢٦٣ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٨) بعد الانتهاء من مراحل الترميم المختلفة                      | ١٢٤     |
| ٢٦٣ | توضح الاتساخات وحالة الضعف الذي تعاني منه القطعة رقم (١٠) .                                   | ١٢٥     |
| ٢٦٥ | توضح القطعة رقم (١٠) وما بها من فقد في حافتها وشرخ واسع موازى للقاعدة .                       | ١٢٦     |
| ٢٦٥ | توضح استكمال الجزء الناقص في القطعة (١٠) بعد تنظيفها .                                        | ١٢٧     |
| ٢٦٥ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٠) بعد الانتهاء من عمليات الترميم وإعادة التلوين .            | ١٢٨     |
| ٢٦٥ | توضح الفقد والاتساخات الموجودة بالقطعة رقم (١٤) .                                             | ١٢٩     |
| ٢٦٥ | توضح مراحل تنظيف قاعدة القطعة رقم (١٤) باستخدام الكالجون .                                    | ١٣٠     |
| ٢٦٧ | توضح استكمال قاعدة ومقبض القطعة رقم (١٤) .                                                    | ١٣١     |
| ٢٦٧ | توضح للقطعة رقم (١٤) بعد الانتهاء من مراحل العلاج المختلفة .                                  | ١٣٢     |
| ٢٦٧ | توضح حالة القطعة رقم (١٥) قبل البدء في عمليات الترميم.                                        | ١٣٣     |



|     |                                                                                        |         |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| ٢٦٧ | توضح القطعة رقم (١٥) بعد الانتهاء من التنظيف واستكمال المشعل .                         | ١٣٤     |
| ٢٦٧ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٥) بعد الانتهاء من عمليات العلاج المختلفة .            | ١٣٥     |
| ٢٦٩ | توضح حالة القطعة رقم (١٦) وما بها من فقد واتساخات .                                    | ١٣٦     |
| ٢٦٩ | توضح شكل القطعة رقم (١٦) بعد الانتهاء ومن عملية التنظيف .                              | ١٣٧     |
| ٢٦٩ | توضح القطعة رقم (١٦) بعد استكمالها .                                                   | ١٣٨     |
| ٢٦٩ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٦) بعد انتهاء عمليات الترميم المختلفة .                | ١٣٩     |
| ٢٦٩ | توضح القطعة رقم (١٧) وفقدان أحد مشعلها .                                               | ١٤٠     |
| ٢٦٩ | توضح القطعة بعد تنظيفها واستكمال المشعل المفقود للقطعة رقم (١٧) .                      | ١٤١     |
| ٢٧٠ | الشكل النهائي للقطعة رقم (١٧) بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .                | ١٤٢-١٤٣ |
| ٢٧٠ | توضح كمية الاتساخات المتراكمة على القطعة بالإضافة إلى فقد مقدمة المشعلين للقطعة (١٨) . | ١٤٤     |
| ٢٧٠ | توضح القطعة رقم (١٨) بعد الانتهاء من تنظيفها .                                         | ١٤٥     |
| ٢٧٠ | توضح استكمال مشعل القطعة رقم (١٨) .                                                    | ١٤٦     |
| ٢٧٠ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٨) بعد الانتهاء من عمليات الترميم                      | ١٤٧     |
| ٢٧٢ | توضح الحالة التي وجدت عليها القطعة رقم (١٩) قبل ترميمها .                              | ١٤٨     |
| ٢٧٢ | توضح القطعة رقم ١٩ بعد الانتهاء من تنظيفها .                                           | ١٤٩     |
| ٢٧٢ | توضح الجزء الناقص في القطعة رقم (١٩) بعد استكمالها .                                   | ١٥٠     |
| ٢٧٢ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٩) بعد الانتهاء من عمليات العلاج                       | ١٥١     |
| ٢٧٢ | توضح تراكم الاتساخات على القطعة رقم (٢٠) بالإضافة إلى فقد المقبض ومقدمة المشعل .       | ١٥٢     |
| ٢٧٣ | توضح للقطعة رقم (٢٠) بعد الانتهاء من عملية التنظيف .                                   | ١٥٣     |
| ٢٧٣ | توضح استكمال المقبض ومقدمة فتحة المشعل للقطعة رقم (٢٠) .                               | ١٥٤     |





|     |                                                                                   |         |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| ٢٧٣ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢٠) بعد الانتهاء من عملية العلاج المختلفة          | ١٥٥     |
| ٢٧٣ | توضح كمية الاتساخات المتراكمة على القطعة رقم (٢١) بالإضافة إلى فقد مقدمة المشعل . | ١٥٦     |
| ٢٧٥ | توضح القطعة رقم (٢١) بعد الانتهاء من تنظيفها .                                    | ١٥٧     |
| ٢٧٥ | توضح القطعة رقم (٢١) بعد استكمال المشعل المفقود .                                 | ١٥٨     |
| ٢٧٥ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢١) بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .      | ١٥٩     |
| ٢٧٦ | توضح فقدان جزء من مقدمة القطعة رقم (٢٤) مع تراكم اتساخات داخلها وخارجها           | ١٦٠     |
| ٢٧٦ | توضح القطعة رقم (٢٤) بعد إتمام تنظيفها واستكمالها .                               | ١٦١-١٦٢ |
| ٢٧٦ | توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢٤) بعد إتمام عمليات الترميم المختلفة .            | ١٦٣     |



## فهرس الأشكال

| م  | الشكل                                                    | رقم الصفحة |
|----|----------------------------------------------------------|------------|
| ١  | شكل يوضح مراحل الجفاف المختلفة للطفلة .                  | ١٥         |
| ٢  | شكل يوضح تأثير الأكاسيد المختلفة داخل التزجيج .          | ٢٤         |
| ٣  | شكل يوضح تركيب العجلة (الدولاب) .                        | ٣٧         |
| ٤  | شكل يوضح الصب بطريقة القالب .                            | ٣٩         |
| ٥  | شكل يوضح مراحل التزجج داخل البدن .                       | ٤٣         |
| ٦  | شكل يوضح أنواع المسام المختلفة .                         | ٥٥         |
| ٧  | شكل يوضح العلاقة بين المسامية والقوة نتيجة عملية الحرق . | ٥٥         |
| ٨  | شكل يوضح الاختبارات المختلفة التي يمكن تطبيقها على الخزف | ٥٩         |
| ٩  | شكل يوضح بعض مظاهر التلف الناتجة عن عيوب فى الصناعة .    | ٩٥         |
| ١٠ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (١) الفسطاط .     | ١٥٣        |
| ١١ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (٢) الفسطاط .     | ١٥٥        |
| ١٢ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (٣) الفسطاط .     | ١٥٧        |
| ١٣ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (٤) الفسطاط .     | ١٦٠        |
| ١٤ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (٥) الفسطاط .     | ١٦٢        |
| ١٥ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (٦) الفسطاط .     | ١٦٤        |
| ١٦ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (٧) الفسطاط .     | ١٦٦        |
| ١٧ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (٨) الفسطاط .     | ١٦٨        |
| ١٨ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (٩) الفسطاط .     | ١٧٠        |
| ١٩ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (١٠) الفسطاط .    | ١٧٣        |



|    |                                                                                         |     |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ٢٠ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (١١) الفسطاط .                                   | ١٧٥ |
| ٢١ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (١٢) الفسطاط .                                   | ١٧٧ |
| ٢٢ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (١٣) الفسطاط .                                   | ١٧٩ |
| ٢٣ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة (١٤) الفسطاط .                                   | ١٨١ |
| ٢٤ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية للقطعة رقم (٢) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار           | ١٨٣ |
| ٢٥ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية للقطعة رقم (٣) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار           | ١٨٦ |
| ٢٦ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية للقطعة رقم (١٠) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار          | ١٨٨ |
| ٢٧ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية للقطعة رقم (١٢) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار          | ١٩٠ |
| ٢٨ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية للقطعة رقم (١٦) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار          | ١٩٢ |
| ٢٩ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية للقطعة رقم (١٧) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار          | ١٩٤ |
| ٣٠ | شكل يوضح نمط حيود الأشعة السينية استكمال للقطعة رقم (٥) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار . | ١٩٦ |
| ٣١ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لبدن العينة رقم (٤) من الفسطاط                        | ٢٠٢ |
| ٣٢ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لبدن العينة رقم (٧) من الفسطاط                        | ٢٠٣ |
| ٣٣ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لبدن العينة رقم (١١) من الفسطاط                       | ٢٠٤ |
| ٣٤ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لبدن العينة رقم (١٣) من الفسطاط                       | ٢٠٥ |
| ٣٥ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لبدن العينة رقم (١٤) من الفسطاط                       | ٢٠٦ |



|     |                                                                                                      |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ٢٠٧ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للمنطقة المتوسطة بين البدن والتزجيج في العينة رقم (١٤) - الفسطاط . | ٣٦ |
| ٢٠٩ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لتزجيج العينة رقم (٣) من الفسطاط .                                 | ٣٧ |
| ٢١٠ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لتزجيج العينة رقم (٤) من الفسطاط .                                 | ٣٨ |
| ٢١١ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لتزجيج العينة رقم (٧) من الفسطاط .                                 | ٣٩ |
| ٢١٢ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لتزجيج العينة رقم (١١) من الفسطاط .                                | ٤٠ |
| ٢١٥ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لتزجيج العينة رقم (١٣) من الفسطاط .                                | ٤١ |
| ٢١٦ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لتزجيج العينة رقم (١٤) من الفسطاط .                                | ٤٢ |
| ٢١٧ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لجزء آخر من نفس عينة التزجيج من العينة رقم (١٤) - الفسطاط .        | ٤٣ |
| ٢١٨ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX في منطقة أخرى من نفس عينة التزجيج من العينة رقم (١٤) - الفسطاط .   | ٤٤ |
| ٢١٩ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لطبقة التزجيج الداخلية من العينة رقم (١) من مجموعة المتحف .        | ٤٥ |
| ٢٢٠ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة رقم (١) من مجموعة المتحف                     | ٤٦ |
| ٢٢١ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة رقم (٢) من مجموعة المتحف                     | ٤٧ |
| ٢٢٢ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة رقم (٣) من مجموعة المتحف                     | ٤٨ |
| ٢٢٣ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف                     | ٤٩ |





|     |                                                                                         |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ٢٢٤ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة أخرى ترجيح من القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف . | ٥٠ |
| ٢٢٥ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة أخرى ترجيح من القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف . | ٥١ |
| ٢٢٦ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة أخرى ترجيح من القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف . | ٥٢ |
| ٢٢٧ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من القطعة رقم (٦) من مجموعة المتحف        | ٥٣ |
| ٢٢٨ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من القطعة رقم (٧) من مجموعة المتحف        | ٥٤ |
| ٢٢٩ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من القطعة رقم (١٠) من مجموعة المتحف .     | ٥٥ |
| ٢٣٠ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من القطعة رقم (١١) من مجموعة المتحف .     | ٥٦ |
| ٢٣١ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من القطعة رقم (١٢) من مجموعة المتحف .     | ٥٧ |
| ٢٣٢ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX ترجيح من القطعة رقم (١٩) من مجموعة المتحف .           | ٥٨ |
| ٢٣٤ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من القطعة رقم (٢٠) من مجموعة المتحف .     | ٥٩ |
| ٢٣٥ | شكل يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من القطعة رقم (٢٣) من مجموعة المتحف .     | ٦٠ |



## فهرس الجداول

| م  | الوصف                                                                                                | رقم الصفحة |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ١  | جدول يوضح الأكاسيد المكونة للترجيح .                                                                 | ٢١         |
| ٢  | جدول يوضح ألوان الترجيح الناتجة فى ظل وجود الأكاسيد الملونة المختلفة                                 | ٣٣         |
| ٣  | جدول يوضح معدل الذوبان للأملاح .                                                                     | ٨٤         |
| ٤  | جدول يوضح قائمة باختصارات المركبات التى تم الحصول عليها من خلال التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية . | ١٥١        |
| ٥  | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١) من الفسفاط                      | ١٥٢        |
| ٦  | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٢) من الفسفاط                      | ١٥٤        |
| ٧  | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٣) من الفسفاط                      | ١٥٦        |
| ٨  | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٤) من الفسفاط                      | ١٥٩        |
| ٩  | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٥) من الفسفاط                      | ١٦١        |
| ١٠ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٦) من الفسفاط                      | ١٦٣        |
| ١١ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٧) من الفسفاط                      | ١٦٥        |
| ١٢ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٨) من الفسفاط.                     | ١٦٧        |
| ١٣ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٩) من الفسفاط                      | ١٦٩        |
| ١٤ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١٠) من الفسفاط .                   | ١٧٢        |
| ١٥ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١١) من الفسفاط .                   | ١٧٤        |
| ١٦ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١٢) من الفسفاط.                    | ١٧٦        |
| ١٧ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١٣) من الفسفاط                     | ١٧٨        |



|     |                                                                                                                  |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ١٨٠ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١٤) من الفسفاط                                 | ١٨ |
| ١٨٢ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٢) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار .         | ١٩ |
| ١٨٥ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٣) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار .         | ٢٠ |
| ١٨٧ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٠) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار .        | ٢١ |
| ١٨٩ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٢) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار .        | ٢٢ |
| ١٩١ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٦) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار .        | ٢٣ |
| ١٩٣ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٧) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار .        | ٢٤ |
| ١٩٥ | جدول يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة استكمال رقم (٥) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار . | ٢٥ |



القصة





## المقدمة

لقد تنوعت أشكال المسارج التي عثر عليها المنقبون في حفائرهم وفي العديد من المواقع الأثرية، وقد استخدمت أشكال عديدة من المسارج في العصور الفرعونية والرومانية، وامتد استخدام هذه المسارج في العصور الإسلامية المختلفة حيث تطورت بعض الأشكال وظهرت أنواع أخرى بالإضافة إلى ظهور بعض الأنماط الزخرفية الجديدة.

وانتشر خلال العصور الإسلامية بعض الأشكال لهذه المسارج مثل المسارج الكروية البدن والاسطوانية والبدن على شكل صندوق وعلى شكل طبق أو على شكل حيوانات أو طيور .

وقد استخدم الخزاف في العصور الإسلامية المواد الخام الموجودة في البيئة المحيطة به فقد استخدم الطفلات المتاحة أمامه ، وقد وجد الخزاف قديما أن استخدام الطفلة منفردة قد يؤدي إلى حدوث بعض العيوب عند مراحل التصنيع المختلفة لذلك لجأ الصانع إلى إضافة بعض المواد لتحسين خواص المنتج وقد اضاف الكوارتز الي الطفلة لإنتاج أدوات إضاءة تقاوم دورات التسخين الناتجة عن الاستخدام اليومي.

و اهتم الصانع أيضا بزخرفة المسارج سواء بالكتابات أو الزخارف النباتية أو الهندسية واستخدم لذلك طرق تشكيل مختلفة تركزت على استخدام العجلة و القالب .

أما بالنسبة للسطح الخارجى فقد اهتم أيضا الخزاف بوضع طبقة من التزجيج عليه وذلك لحفظ محتوى المسارج من الزيوت وبغرض زخرفى ، واستخدمت المواد الموجودة في البيئة المحيطة أيضا من رمل وبعض الأكاسيد القلوية أو الأرضية كمواد مصهرة بالإضافة إلى المواد الملونة، واستخدمت أنواع مختلفة من الأفران للحصول على منتج جيد .

واهتم أيضاً الخزاف في العصور الإسلامية بإنتاج أدوات إضاءة ذات مواصفات جيدة وذلك لکی تناسب الاستخدام فنجد أنه اهتم بأن تكون المسارج ذات مسامية مرتفعة وأن



تتميز القطعة بالقوة ، بالإضافة إلى أنه أنتج مسارج بألوان مختلفة وذلك بإضافة بعض المواد مثل أكاسيد الحديد أو المواد العضوية التي تؤثر مع ظروف الحرق في لون البدن الناتج ، واهتم أيضا بأن تكون الخواص الحرارية مناسبة لظروف الإستخدام فلم يستخدم مواد ذات معامل تمدد حرارى مرتفع وكذلك راعى أن يتحمل البدن الصدمة الحرارية التي يتعرض لها يوميا ، بالإضافة إلى الاهتمام بكل الخواص التي قد تساعد في إطالة مدة الاستخدام لهذه المسارج .

وتعرضت المسارج إلى عوامل تلف عديدة بعضها مرتبط بعمليات الصناعة مثل عدم التجانس في المواد الخام أو استخدامها بنسب غير سليمة ، ويعتبر الاستخدام من العوامل التي أثرت في المسارج حيث أنها تعرضت لدورات تسخين يومية وقد أدى ذلك إلى ضعف الكثير من المسارج بالإضافة إلى الكربون الناتج عن الاستخدام والذي يترسب على القطعة مما يشوهها .

ولا يجب أن نغفل الدور الهام الذي تقوم به التربة وما تحتويه من أملاح أو مواد قلوية أو حامضية حيث أنها تتلف هذا المسارج وتحدث بها مظاهر تلف مختلفة .

وعند الكشف عن هذه المسارج تتعرض لظروف مغايرة حيث اختلاف الرطوبة والحرارة واختلاف نسب الغازات المختلفة في الهواء ويؤدي ذلك إلى تدهور حالة المسارج ، كما أن الترميم الخاطئ من العمليات التي تؤثر تأثيرا خطيرا عند قيام غير المتخصصين به ، فقد يتم اللجوء إلى استخدام مواد ذات تأثيرات ضارة أو لا تتوفر لديهم المهارة الكافية للقيام بعمليات الترميم السليمة .

ويلاحظ وجود العديد من مظاهر التلف في المسارج مثل بعض العيوب في التزجيج والمظاهر الناتجة عن الاستخدام بالإضافة إلى تأثير التربة في ظهور أشكال مختلفة للتلف .

وتشمل عمليات العلاج المختلفة التنظيف بالطرق والمواد المناسبة وإزالة مواد الترميم القديمة ، قد تحتاج بعض القطع إلى تقوية مبدئية نظرا لضعف حالتها ، هذا بالإضافة إلى عملية الاستكمال التي يقصد بها الحفاظ على ثبات القطعة بالإضافة إلى منع



فقد أجزاء أخرى، وتستخدم مواد تتناسب خواصها مع خواص المسارج ، وفى بعض الأحيان لا يتم الاستكمال خاصة فى حالة عدم وجود دلائل أو نقاط إرشادية ، وقد استخدمت الألوان المناسبة لإعادة تلوين الأجزاء المستكملة وذلك للحفاظ على الناحية الجمالية ومنع التشوه البصرى ، ويتم العرض المتحفى بشكل يناسب كل قطعة مع مراعاة ظرف العرض المتحفى السليم من حرارة ورطوبة وضوء .

وتلعب طرق التحليل المختلفة أهمية كبيرة فى دراسة المسارج الخزفية وذلك يساعد فى فهم طرق الصناعة والمواد المستخدمة بالإضافة إلى معرفة طريقة تحضير المواد الخام ودرجة حرارة الحرق ، ويستخدم لذلك طرق عديدة منها الميكروسكوب المستقطب وحيود الأشعة السينية ، بالإضافة إلى الميكروسكوب الالكترونى الماسح الذى ساعد فى دراسة البدن والتزجيج وكذلك لعب دورا هاما فى دراسة مواد الترميم المختلفة .

أما بالنسبة لعمليات الترميم التى تمت على مجموعة المسارج قيد الدراسة فشملت التنظيف والتقوية والاستكمال لبعض الأجزاء بالإضافة إلى إعادة تلوين الأجزاء المستكملة.



## الهدف من البحث

مما لاشك فيه أن أدوات الإضاءة الخزفية تتميز بأهمية كبيرة لما لها من مدلولات كثيرة ، ومع ذلك لم تنل القدر الكافي من الاهتمام والدراسة فلم تتناولها أى دراسة لفهم تقنية صناعتها والمشاكل التى تعاني منها وأيضاً طرق العلاج والصيانة الخاصة بها .

وقد تم اختيار هذا البحث لدراسة تقنية أدوات الإضاءة من ناحية الخامات المستخدمة فى الصناعة والمواد المضافة وكذلك تركيب التزجيج بالإضافة إلى الأساليب التى أتبع فى صناعتها ، و قد تم الاستعانة بطرق التحليل والفحص المختلفة مثل الميكروسكوب المستقطب و طريقة حيود الأشعة السينية بالإضافة إلى الميكروسكوب الإلكتروني الماسح .

وتهدف الدراسة الي فهم ميكانيكية التلف الخاصة بأدوات الإضاءة التى مما لاشك أنها تحدث بسرعة وذلك نتيجة الاستخدام قديماً ، فقد أدت الحرارة بسبب الإشعال اليومي إلى وجود مظاهر تلف عديدة بالإضافة إلى مظاهر التلف التي تنتج أثناء الدفن في التربة أو بسبب أعمال الترميم الخاطيء .

وتحتاج أدوات الإضاءة إلى عمليات ترميم مختلفة نظراً لتنوع مظاهر التلف بها مثل التنظيف للبقع الصعبة وإزالة الترميم القديم الخاطئ الذي لم يتم على أسس وقواعد الترميم السليمة وكذلك التجميع والتقوية للقطع التى تعاني من الضعف بالإضافة إلى الاستكمال .





## ملخص الرسالة

تهتم هذه الرسالة بدراسة أدوات الإضاءة الخزفية الأثرية الإسلامية من حيث طرق صناعتها وخصائصها وكذلك عوامل ومظاهر التلف التي تتعرض لها ، بالإضافة إلى طرق العلاج والصيانة ، تناولت الرسالة أيضا طرق الفحص والتحليل المستخدمة وأخيراً إجراء الجانب التطبيقي على مجموعة من مقتنيات المتحف الإسلامي بكلية الآثار بجامعة القاهرة.

وتتكون الرسالة من ٦ فصول يسبقها مقدمة أثرية ويمكن تلخيص محتويات الرسالة فيما يلي .

### الفصل الأول: دراسة خامات وتقنية أدوات الإضاءة الخزفية

يبدأ هذا الفصل بمقدمة أثرية تتناول أهمية أدوات الإضاءة الخزفية في الحياة الاجتماعية ومدلولاتها الاقتصادية، وكذلك الزخارف الموجودة على المسارج مثل الزخارف النباتية والهندسية والكتابات ، وتتناول أيضا أشكال المسارج المختلفة مثل المسارج اللوزية والمسارج ذات البدن الكروي والمسارج على شكل صندوق وهناك مسارج على شكل طبق وأخرى ذات بدن أسطواني .

و يهتم هذا الفصل بدراسة خامات وتقنية أدوات الإضاءة وتم تقسيم أدوات الإضاءة حسب تكوينها إلى بدن وتزجيج. ويتكون البدن من الطفلة كمادة أساسية وتم دراسة أنواع الطفلة المختلفة مثل الكاولين ومجموعة السمكتيت والإيليت وطفلات الأواني الأرضية والطفلات الكروية وطفلات الأواني الحجرية بالإضافة إلى طفلات الحرق ، وكذلك تم دراسة الخصائص المختلفة للطفلة .

وقد استخدمت مع الطفلة بعض المواد المضافة بقصد تحسين خواصها عند التشغيل وللحصول على منتج جيد، وقد وجدت بعض هذه المواد بصورة طبيعية في الطفلة والبعض الآخر أضيف عمداً ومن هذه المواد الرمل ومسحوق الحجر الجيري ومسحوق الفخار .



أما التزجيج فيتكون من السليكا كمكون أساسى ومن الألومنيا كمادة متحكمة فى اللزوجة وأخيراً المواد المصهرة التى تتنوع فمنها أكاسيد الرصاص والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم ، وقد أضيفت بعض المواد الملونة إلى التزجيج مثل أكاسيد الحديد والنحاس والتيتانيوم والنيكل .

وتناول هذا الفصل أيضاً أساليب صناعة البدن ومنها التشكيل على العجلة والتشكيل باليد إلى جانب التشكيل فى قالب ويلى ذلك التجفيف ثم الحرق . ويدرس هذا الفصل أيضاً تأثير الحرق على مكونات البدن المختلفة مثل الطفلة والكوارتز والكالسيوم ، أما تطبيق التزجيج فهى المرحلة التى تلى حرق البدن ، ويتبع تطبيق التزجيج حرق التزجيج .

وهناك عدة أنواع من الأفران منها الحرق فى الحفرة، الحرق المفتوح ، الأفران سفلية التيار بالإضافة إلى الأفران عمودية التيار.

### الفصل الثانى : خصائص الخزف المختلفة

يتناول هذا الفصل خصائص الخزف والدور الذى تلعبه فى التعرف على أسباب التلف وأيضاً أهميتها عند القيام بعمليات العلاج المختلفة مثل التقوية والاستكمال .

وتعتبر المسامية ذات أهمية كبيرة حيث أنها ترتبط بالخصائص المختلفة ، وهناك نوعين من المسامية أحدهما المسامية الحقيقية والآخر هو المسامية الظاهرية.

أما القوة فتعبر عن قدرة القطعة على مقاومة الكسر عند تعرضها للاستخدام وتتأثر القوة بعوامل عديدة منها المواد الخام التى صنعت منها القطعة وحجم الحبيبات وطريقة التشكيل بالإضافة إلى الحرق .

ويعد لون البدن الخزفى أحد الخواص الهامة التى تنتج من اتحاد عوامل مختلفة منها تركيب البدن ودرجة حرارة الحرق وظروفه ، وينتج لون البدن الخزفى إما من تأثير مركبات الحديد أو المواد العضوية بصفة أساسية بالإضافة إلى بعض المكونات الأخرى مثل كربونات الكالسيوم .



وتعتبر الخواص الحرارية من الأهمية بمكان بالنسبة لأدوات الإضاءة التي تعرضت لدورات التسخين اليومي أثناء استخدامها ، ويمكن تناول الخواص الحرارية من خلال دراسة التمدد الحراري و التوصيل الحراري بالإضافة إلى الصدمة الحرارية وهناك عوامل عديدة تؤثر في الخواص الحرارية مثل المسامية .

وهناك أيضا الصلادة التي يمكن الحكم من خلالها على جودة البدن وتتأثر الصلادة بظروف الحرق وكذلك الشوائب ، أما الكثافة فإنها تتأثر أيضا بالمسامية ودرجة حرارة الحرق ومعدله وتتأثر أيضا بالأطوار الزجاجية التي قد تتكون في البدن ، وهناك أيضا نسيج البدن الداخلي وسمك جدران القطعة الذي يرتبط بحجم القطعة ومحتواها والهدف المقصود من استخدامها .

### الفصل الثالث: عوامل ومظاهر التلف التي تتعرض لها أدوات الإضاءة

تم تقسيم هذا الفصل إلى جزئين هما عوامل التلف ومظاهر التلف بالنسبة لعوامل التلف التي تعرضت لها أدوات الإضاءة فقد مرت بأربع مراحل أولها هي العوامل المرتبطة بالصناعة مثل الخطأ في اختيار المواد الخام أو وجودها بشكل غير متجانس أو نتيجة بعض الأخطاء أثناء التشكيل أو التجفيف أو الحرق . وثاني هذه العوامل هي الاستخدام وينطبق ذلك تماما على أدوات الإضاءة التي تعرضت لدورات تسخين يومية وكذلك وجود الزيوت المستخدمة والكربون الناتج من الاستخدام. وثالثها التلف الناتج عن الدفن والدور الذي تلعبه التربة بمكوناتها المختلفة من رطوبة وأملاح أو ارتفاع نسبة الحموضة أو القلوية بالتربة، وأخيراً التلف الناتج عن الكشف ويعد من العوامل الخطيرة نظرا للاختلاف بين بيئة التعريض وبيئة الدفن حيث يلاحظ الاختلاف في الرطوبة النسبية وفي درجة الحرارة ، وهناك أيضا التلف الناتج عن الترميم الخاطئ.

أما بالنسبة لمظاهر التلف فتعتبر أدوات الإضاءة غنية بمظاهر التلف سواء المرتبطة بالصناعة أو المرتبطة بالاستخدام ومن هذه المظاهر الشروخ التي تحدث في البدن والتي تنتج غالبا أثناء عملية التشكيل والتجفيف غير المتساوي وأيضا هناك الالتواء وأيضا التصدع " الطرقة " وهو من الشروخ النافذة والتي غالبا ما تنتج عن عملية



الحرق، أما تشرخ التزجيج ويحدث عند احتواء التزجيج على أكاسيد ذات معدل تمدد حرارى مرتفع مثل الصوديوم والبوتاسيوم .

ومن مظاهر التلف الاخرى نجد ان تجمع التزجيج و الذي لا يغطى فيه التزجيج كل البدن وهناك أيضا التقشير والانتفاخ والتبثر والحفر ، وهناك أيضا البقع الدهنية والسوداء الناتجة عن الاستخدام وأيضا التآكل .

#### الفصل الرابع : دراسة علاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية

نظرا لما يوجد فى أدوات الإضاءة من مظاهر تلف عديدة فإنه يلزمها فك الربط بين العوالق و سطح الأثر ويتم البدء بالتنظيف الميكانيكى باستخدام الفرش والفرر والإبر يلى ذلك التنظيف الكيميائى باستخدام المواد الكيميائية المختلفة .

ولقد أضافت التكنولوجيا الحديثة طرق جديدة يمكن استخدامها فى التنظيف مثل التنظيف بالإنزيمات ، أيضا التنظيف بالموجات فوق الصوتية هذا بالإضافة إلى استخدام الليزر فى التنظيف وتعتبر إزالة مواد الترميم القديم من العمليات الهامة خاصة إذا كان الترميم بطريقة خاطئة .

يلى التنظيف استخلاص الأملاح القابلة للذوبان فى الماء أو غير القابلة للذوبان أما عملية التجميع فهي ذات أهمية كبيرة وذلك لإعادة الأثر إلى صورته وشكله الطبيعى ويستخدم لذلك بوليمرات عديدة يجب أن تتوفر فيها عدة خواص مثل قوة الربط والاسترجاعية ، اللزوجة المناسبة ، ومن هذه اللواصق بوليمرات الفينيل مثل البولى فينيل أسيتات والبولى فينيل الكحول والبولى فينيل بيوترا ل ، وهناك أيضا بوليمرات الاكريليك مثل البارالويد ب ٧٢ .

التقوية لها أهمية كبيرة أيضا حيث أنها تزيد من مقاومة ودوام القطعة ويجب أن تتميز المادة المقوية بالنفاذية وألا تغير من مظهر السطح، ومن المقويات الشائع استخدامها مقويات السليكون والنايلون الذائب وأيضا راتنجات الاكريليك والفينيل ، ويمكن تطبيق مواد التقوية بعدة طرق منها التنقيط والفرشاة والحقن والرش وأيضا التطبيق بالغمر .





تكون عملية الاستكمال مهمة عند المحافظة على ثبات القطع وأيضا المحافظة على الشكل البنائى للقطع ، ولمواد الاستكمال شروط عديدة كأن تكون قابلة للتشكيل و أن تلتصق بالسطح و أن تكون قابلة للاسترجاع .

ومن مواد الاستكمال المستخدمة الجبس الباريسى والبولى فيلا وأيضا مسحوق الفخار ، وهناك أيضا المواد المساعدة التى تستخدم فى تدعيم مواد الاستكمال بالإضافة إلى مواد التلوين ، أما العرض المتحفى فيعتبر نهاية المطاف بعد إتمام كل مراحل الترميم ويجب الاهتمام بشكل فتارين العرض والتحكم فى الرطوبة النسبية والحرارة بالإضافة إلى التحكم فى الضوء .

### الفصل الخامس : طرق الفحص والتحليل

يتناول هذا الفصل طرق الفحص والتحليل التى استخدمت فى دراسة بعض عينات أدوات الإضاءة الخزفية ، وكذلك دراسة بعض مواد الترميم . وقد استخدم الميكروسكوب المستقطب وطريقة حيود الأشعة السينية بالإضافة إلى الميكروسكوب الالكترونى الماسح .

فقد استخدم الميكروسكوب المستقطب فى دراسة نسيج البدن والعلاقة بين البدن والتزجيج وقد تم فحص عدد ١٤ عينة من عينات الفسطاط روعى تشابهها مع العينات قيد الدراسة . أما طريقة حيود الأشعة السينية فقد استخدمت فى تحليل عينات من حفائر الفسطاط وعينات أخرى من مجموعة المتحف . أما الميكروسكوب الالكترونى الماسح المزود بوحدة EDX فقد استخدم فى دراسة البدن وذلك بالفحص والتحليل ، واستخدم أيضا فى دراسة عينات التزجيج لكل من عينات الفسطاط وعينات مجموعة المتحف .

أما بالنسبة لاستخدامه فى دراسة مواد الترميم فقد استخدم فى دراسة مواد التنظيف مثل محلول الكالجون، واستخدم أيضا فى دراسة مدى تغلغل وتغليف مواد التقوية المختلفة لمكونات البدن .

### الفصل السادس : الجانب التطبيقى

يتناول هذا الفصل الجانب التطبيقى على مجموعة مسارح من المتحف الإسلامى



بكلية الآثار وتضم هذه المجموعة ٢٤ قطعة . وتم اختيارها ليراعى فيها الاختلاف فى الشكل وفى مظاهر التلف وبالتالي اختلفت فى طرق العلاج .

وقد وجد فى هذه المجموعة عدة مظاهر للتلف مثل الاتساخات والبقع الزيتية بالإضافة إلى ترسيب الكربون على السطح وداخل نسيج البدن ، كذلك تساقط بعض أجزاء من طبقة التزجيج وأيضاً فقدان بعض الأجزاء من بعض قطع هذه المجموعة كذلك فإن هناك بعض القطع التى تم ترميمها بطريقة خاطئة . وقد بدأت عمليات العلاج بالتنظيف الميكانيكى فى بعض القطع وبالتقوية المبدئية لبعض القطع التى تتميز بضعفها .

وتم إزالة الترميم الخاطئ بالطرق الميكانيكية وإزالة البقايا بالمواد الكيميائية. أما عملية الاستكمال فكانت من الأهمية بمكان حيث تم استكمال أجزاء مختلفة لأكثر من ١٦ قطعة بينما تركت المجموعة الباقية بدون استكمال وذلك لعدم وجود دلائل للاستكمال وتم الاستكمال باستخدام مسحوق الفخار المخلوط بمحلول البارالويد ٧٢ بتركيز ٥٠% . وبعد ذلك تم التلوين باستخدام ألوان الأكريليك بدرجات مقاربة للون الأصلي ، وبعد التلوين استخدم محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لإعطاء طبقة لامعة على السطح .

مع العلم أنه تم عمل (بالته) ألوان للرجوع إليها عند تلوين الأجزاء المستكملة وفى النهاية تم عزل القطع التى تحتاج إلى تقوية وذلك لتثبيت طبقة التزجيج من التساقط وحماية القطع من التدهور والتلف .



## الأعمال السابقة Previous Work

يعد تناول الأعمال السابقة فى مجال الخزف الأثرى بصفة عامة وأدوات الإضاءة الخزفية بصفة خاصة من الأهمية بمكان حيث أنه لابد من الإطلاع على أهم النتائج التى توصلت إليها هذه الدراسات .

وتعتبر التقنية من النقاط الهامة التى يجب تتبع الدراسات التى تمت عليها ، وكذلك الدراسات التى تمت على الخواص بالإضافة إلى الأبحاث التى تناولت أهم عوامل ومظاهر التلف التى تنفرد بها أدوات الإضاءة ، وكذلك الدراسات المرتبطة بعمليات العلاج والصيانة والعرض المتحفى . وتعتبر الدراسات التحليلية ذات أهمية كبيرة خاصة فى دراسة الخزف الأثرى لذلك كان لابد من تناول هذه الدراسات الخاصة بالفحص والتحليل .

تعتبر أدوات الإضاءة الخزفية من المنتجات التى تناولها العديد من الدارسين والباحثين من الناحية الفنية والأثرية والتاريخية فقد قام Kubiak <sup>(1)</sup> (١٩٧٠) بدراسة مهمة للمسارج المستخرجة من حفائر الفسطاط وقام بتأريخها . أما Bailey <sup>(2)</sup> (١٩٧٥) فقد درس المسارج فى العصر اليونانى الرومانى ودرس طرق الصناعة و تعتبر المسارج فى العصور الإسلامية إمتداد لمسارج العصر اليونانى الرومانى.

أما Philon <sup>(3)</sup> (١٩٨٠) فقد عرضت مجموعة من المسارج بمتحف بىناكى بأثينا والتى تبين تشابهها فى الشكل العام والزخارف مع مجموعة المسارج الموجودة بالمتحف الإسلامى بالقاهرة. وقام أيضا Kawatoko <sup>(4)</sup> (١٩٨٧) بدراسة وتأريخ مجموعة المسارج التى استخرجتها البعثة اليابانية من حفائر الفسطاط . أما ميرفت عبد الهادى <sup>(5)</sup> ١٩٩٨ فقد قامت بدراسة مجموعة المسارج الفخارية والخزفية بالمتحف الإسلامى بالقاهرة حيث قامت بنشر هذه المجموعة ووضعت تقسيما لهذه المسارج طبقا للشكل .

---

(1) Kubiak , W.B.; Medieval Ceramic Oil Lamps from Fustat , Arts Orientalis , VIII, Michigan, 1970.

(2) Bailey , D.M.G.; Greek and Roman Potter Lamps , London , 1975 .

(3) Philon , H.;Early Islamic Ceramics , Benaki Museum , Athens , 1980.

(4) Kawatoko , M.; Oil Lamps from Al Fustat, Orient , Vol. XXIII, 1987 .

(5) مرفت عبد الهادى : المسارج الخزفية والفخارية من بداية العصر الإسلامى حتى نهاية العصر الفاطمى من خلال مجموعة متحف الفن الإسلامى بالقاهرة . رسالة ماجستير . قسم الآثار الإسلامية . كلية الآثار . جامعة القاهرة . ١٩٩٨ .



وبالنسبة للطفلة وتركيبها وخواصها فقد قسم Grimshaw<sup>(١)</sup> (١٩٧١) مكونات الطفلة إلى مكونات ذات أصل أولي ومكونات أخرى ذات أصل ثانوي تنتج بفعل العوامل الكيميائية والفيزيائية على المعادن الأولية . وأشار أيضا إلى مكونات الطفلة ومنها الفلسبارات التي تحتوى على نسب كبيرة من القلويات والتي تؤثر فى انخفاض درجة الانصهار، وأشار أيضا إلى الدور الذى تلعبه مركبات الكالسيوم عند وجودها فى الطفلة.

بينما أضاف Hamer<sup>(٢)</sup> (١٩٨٦) أن الطفلة هى معدن ذو تركيب بلورى لكل منها بلورات منفردة صغيرة يصعب رؤيتها بالعين المجردة وأن الطفلة النقية تحتوى على ٤٧% من السيلكا .

فى حين أشارت Elsheltawy<sup>(٣)</sup> (١٩٩٤) إلى أن الطفلة هى أساس الخزف حيث تم اختيارها لجودة خواصها وسهولة الحصول عليها الى جانب تحولها عند الحرق إلى مادة ثابتة . أما المواد المعدلة فأشار Hodges<sup>(٤)</sup> (١٩٦٤) أنها مواد مألوفة ولا تكون لدنة فى الماء ويمكنها أن تقاوم درجة الحرارة عند الحرق .

وأضافت Shepard<sup>(٥)</sup> (١٩٨٥) أن هذه المواد تعمل على تقليل الانكماش والزوجة والدونة وتكثر هذه المواد فى نسيج البدن كما أن الربط بين الطفلة والمواد المعدلة يكون له تأثير مباشر على قوة البدن .

وأشار Hamer<sup>(٦)</sup> (١٩٨٦) إلى أحد المواد المضافة عمدا وهو مسحوق الفخار Grog الذى استخدم لتحسين الخواص أثناء الحرق . ونكر Rice<sup>(٧)</sup> (١٩٨٧) أن الطفلات الطبيعية نادرا ما تخرج نقية وذلك بسبب الترسيبات المعدنية التي تتواجد معها. أما Bourriau et al<sup>(٨)</sup> (٢٠٠٠) فقد أشار إلى العلاقة القوية بين المواد المعدلة والحرق والوظيفة .

(١) Grimshaw, R.W.; The Chemistry and Physics of Clays, 4<sup>th</sup> edition, London, 1971, P.272.

(٢) Hamer, F.; The Potters dictionary of materials and techniques, New York, 1986, P.58.

(٣) El Sheltawy, H.W. ; Archaeological Geology of ancient Ceramic, MSC thesis , Geology department , Faculty of Science , Cairo University , Egypt , 1994, P.26 .

(٤) Hodges, H. ; Artifacts , London, 1964 , P.21 .

(٥) Shepard , A.O.; Ceramics for the Archaeologist , Washington , 1985, P.6.

(٦) Hamer , F. ; Op. Cit. P.130 .

(٧) Rice , P.W. ; Pottery analysis, University of Chicago press , USA, 1987, P.58.

(٨) Bourriau , J.D. & Nicholson , P.T. and Rose , P.R.; Pottery , in : ancient Egyptian materials and technology , edited by Nicholson , P., Cambridge press , London, 2000, P.124.





أما التزجيج فقد ذكر Daly<sup>(١)</sup> (١٩٩٥) أنه طبقة رقيقة من الزجاج تستخدم على سطح الفخار . وقد فرق Rhodes<sup>(٢)</sup> (١٩٩٦) بين الزجاج والتزجيج بأن التزجيج هو عبارة عن زجاج حقيقى ولكن حدث لمكوناته تعديل وهى لصقه على سطح الفخار . وأضاف Henderson<sup>(٣)</sup> (٢٠٠٠) أن التزجيجات لها نفس خواص مواد الزجاج .

وبالنسبة لمكونات التزجيج فقد قسمت Peterson<sup>(٤)</sup> (١٩٩٥) مكونات التزجيج وهى ثلاث مجموعات الي المواد المكونة للتزجيج مثل السليكا ثم مجموعة المواد المتحكمة فى اللزوجة مثل الألومنيا والمجموعة الأخيرة هى المواد المصهرة Fluxes .

فى حين أن أشهر المواد الملونة فى البدن و التى أشار إليها Kenny<sup>(٥)</sup> (١٩٥٨) هى أكاسيد الحديد حيث أنها عادة ما توجد فى الطفلة وتعطى درجات مختلفة حسب كمية الأكسيد الموجودة وكذلك نتيجة ظروف الحرق . وأضاف Grimshaw<sup>(٦)</sup> (١٩٧١) أن هناك عدة عوامل تؤثر فى لون التزجيج وهى كمية مادة التلوين وحجم الجزيئات وعملية الحرق ( درجة الحرارة ، جو الفرن ، مدة الحرق) وأضاف أيضا أن أكاسيد النحاس تعطى ألوان ما بين الأزرق والأخضر . وأضاف Hedges<sup>(٧)</sup> (١٩٨٣) أن استخدام كميات مختلفة من النحاس يعطى درجات مختلفة وكذلك إضافة الحديد إلى النحاس يحسن اللون الأخضر الناتج .

وقد تنوعت الطرق التى شكلت بها أدوات الإضاءة الخزفية . فبالإضافة إلى التشكيل باستخدام العجلة أضاف Bailey<sup>(٨)</sup> (١٩٧٢) طريقة التشكيل باليد حيث يتم تقليل سمك الجدران وذلك بسحب الطفلة من القاعدة ، أما طريقة التشكيل فى قالب فقد أشار إليها Al-Hassan & Hill 1986<sup>(٩)</sup> ، وذلك بعمل قالب من مادة مسامية توضع فيه مستحلب الطفلة ويتم تحريكها حتى تجف وتأخذ الشكل الداخلى للقالب .

---

(١) Daly , G.; Glazes and glazing techniques , London , 1995, P. 7.

(٢) Rhodes , D.; Clay and glazes for the potter , London , 1996, P.79 .

(٣) Henderson , J. ; The Science and archaeology of materials , London, 2000 , P. 130 .

(٤) Peterson, S.; The Craft and art of Clay , London , 1995, P. 312.

(٥) Kenny , J.B. ;The complete book of pottery making , New York , 1958, P.192 .

(٦) Grimshaw. R.W. ; OP. Cit., P. 353 .

(٧) Hedges , R.E.M.& Kaczmarcy , K. ; Ancient Egyptian Faience , England , 1983, P.194 .

(٨) Bailey , D.M.; OP. Cit., P.13 .

(٩) Al-Hassan , A.& Hill , D.R.; Islamic technology , An illustrated History , Unesco , 1986, P.164..



وأضافت Shepard <sup>(١)</sup> (١٩٨٥) أن الجو المؤكسد في الحرق يتطلب تيار هواء بالإضافة إلى درجة حرارة كافية لحرق المواد الكربونية وتتم هذه العملية قبل بدء التزجيج، أما الجو المختزل فقد أشار Hodges <sup>(٢)</sup> (١٩٦٤) أنه يكون موجودا عندما يكون وقود الفرن رطبا ولا يحدث إمداد للفرن بالهواء فيكون اللهب مصحوبا بالدخان .

أما Henderson <sup>(٣)</sup> (٢٠٠٠) فأشار إلى العوامل المؤثرة في جو الحرق وهي تدفق الهواء وكذلك الإتران بين الغازات مثل الأكسجين وأول ثاني أكسيد الكربون أثناء الحرق .

وبالنسبة لخواص الخزف فإن المسامية تعد من الخواص الهامة كما أشارت Shepard <sup>(٤)</sup> (١٩٨٥) حيث أنها ترتبط بكل من الكثافة والقوة والنفذية ، وتعتبر نقطة التزجج من العوامل المحددة للمسامية . وأشار Rice <sup>(٥)</sup> (١٩٨٧) إلى بعض العوامل المؤثرة في المسامية ومنها حجم وشكل جزئيات الطفلة وترتيب هذه الجزيئات . وأشار Rice <sup>(٦)</sup> (١٩٩٨) إلى علاقة المسامية بالقوة حيث أن القوة تتخفض مع زيادة حجم الحبيبات .

أما بالنسبة للقوة فقد أشار Grimshaw <sup>(٧)</sup> (١٩٧١) إلى الدور الهام الذي يلعبه التركيب الكيميائي في قوة المنتج الخزفي ، وأضاف Rice <sup>(٨)</sup> (١٩٨٧) أن هناك عدة خصائص أخرى تعتمد عليها قوة الخزف منها طريقة التشكيل وظروف الجفاف والحرق بالإضافة إلى الظروف الحرارية عند الاستخدام .

وقد أضاف Grim <sup>(٩)</sup> (١٩٦٢) أن لون الطفلة عند تسخينها يتوقف على المواد غير الطفلية وكذلك ظروف الحرق . وأشارت Shepard <sup>(١٠)</sup> (١٩٨٥) أيضا إلى الألوان الناتجة من خلال المقاطع الدقيقة .

---

<sup>(١)</sup> Shepard , A.O. ; OP. Cit., P. 81 .

<sup>(٢)</sup> Hodges, H.; OP. Cit., P. 40 .

<sup>(٣)</sup> Henderson , J.; OP., Cit., P. 131 .

<sup>(٤)</sup> Shepard, A. ; OP. Cit., P.125 .

<sup>(٥)</sup> Rice, P.; OP. Cit., P. 530.

<sup>(٦)</sup> Rice, R.W.: Porosity of Ceramics , New York, 1998, P.224.

<sup>(٧)</sup> Grimshaw, R.W.; OP. Cit., P. 871.

<sup>(٨)</sup> Rice , P. ; OP.Cit., P.140.

<sup>(٩)</sup> Grim, R. ; Applied clay mineralogy , M.C. Graw- Hill Book Company , London , 1962, P. 122.

<sup>(١٠)</sup> Shepard, A.; OP. Cit., P. 103 .



ففى حين أشار Grimshaw <sup>(١)</sup> (١٩٧١) إلى العوامل المؤثرة فى الخواص الحرارية ومنها التركيب بالإضافة إلى أخذ الوظيفة المطلوبة فى الاعتبار ، و أشار أيضا إلى المشاكل التى تحدث نتيجة عملية التجفيف غير السليمة ، وأضاف Watchman <sup>(٢)</sup> أن الحرارة تسبب ضغوطا داخلية تسبب انتشار الشروخ .

أما التلف الناتج عن الوظيفة " الاستخدام " فقد أشار Ibrahim & Sadek <sup>(٣)</sup> (٢٠٠٢) إلى الدور الذى تلعبه الحرارة فى أدوات الإضاءة ويؤدى ذلك إلى زيادة معدل التلف .

وقد أشار DeGuechen <sup>(٤)</sup> (١٩٨٤) إلى الظروف التى يذفن فيها الأثر والتى تتميز بغياب الضوء ووجود الأملاح ، وأضافت Peterakis <sup>(٥)</sup> (١٩٩٩) أن هناك بعض الأملاح التى تتكون نتيجة الدفن فى التربة الملحية . وأشارت Charola <sup>(٦)</sup> (٢٠٠٠) إلى أن حركة الأملاح تعتمد على الظروف المحيطة ، وأضاف Selwitz <sup>(٧)</sup> (٢٠٠٢) أن نمو بلورات الأملاح يؤدى إلى حدوث ضغوط ميكانيكية حيث تؤدى هذه البلورات إلى دفع جدران المسام .

وبالنسبة لمظاهر التلف فقد أشار Hamer <sup>(٨)</sup> (١٩٨٦) إلى أهم المظاهر التى يمكن أن تنتج بسبب عيوب الصناعة مثل الشروخ والزحف والتبثر وكذلك بعض المظاهر الأخرى التى يمكن ملاحظتها فى التزجيج مثل تشرخ التزجيج أو الانتفاخ بالإضافة إلى الحفر. وأضاف Franklin & Vitali <sup>(٩)</sup> (١٩٨٥) إلى التآكل الذى يمكن أن يحدث نتيجة وجود القطعة فى بيئة بها محاليل ذات ملوحة أو بها بعض المواد الحامضية .

---

<sup>(١)</sup> Grimshaw, R.W.; OP. Cit., P. 435.

<sup>(٢)</sup> Watchman, J. B.; Mechanical properties of ceramics , John Wiley & Sons , New York , 1996, P.247.

<sup>(٣)</sup> Ibrahim , M.M.& Sadek, H.; Features of the physical deterioration of the Islamic Ceramics from Egypt a cases study , in : Second conference of middle Egypt in Fayoum , 2002, P.87.

<sup>(٤)</sup> DeGuechen , G. ;Object interred , object disinterred , in conservation on archaeological excavation , edited by price , N.S., ICCROM, Rome , 1984, P.21.

<sup>(٥)</sup> Paterakis , A.B.; Those evasive salt crystals , the 12<sup>th</sup> triennial ICOM meeting , Lyon , 1999, Vol.2. P.799.

<sup>(٦)</sup> Charola, E.A.; Salts in the deterioration of porous materials ; An overview , in : JAIC , 39, 2000, P.328.

<sup>(٧)</sup> Selwitz , C.A. ; The evalution of crystallization modifiers for controlling salt damage to time store , in : Journal of cultural Heritage, 3,2002 , P. 205 .

<sup>(٨)</sup> Hamer , F.; Op. Cit., P. 95 .

<sup>(٩)</sup> Franklin , U.M. & Vitali,V. ; The environmental stability of ancient ceramics , Archaeometry , 27(1), 1985, P.3.





وفيما يتعلق بعملية العلاج والصيانة فقد قام Gibson<sup>(١)</sup> (١٩٧١) بإجراء عملية التنظيف باستخدام فوق أكسيد الهيدروجين بتركيز ٣% في الماء و ذلك لتنظيف الفقاعات والحفر. وأشار Stambolov<sup>(٢)</sup> (١٩٧٦) إلى أن الشد السطحي Surface tension هو المحدد الأساسي لكفاءة التنظيف. وأضاف Alessandrini et al<sup>(٣)</sup> (١٩٩٣) أن التنظيف هو عملية إزالة من السطح وهي عملية كيميائية بين البدن الصلب والسائل المنظف . وأشار Hamilton<sup>(٤)</sup> (١٩٩٤) إلى استخدام محلول Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid (EDTA) في استخلاص البقع المعدنية مثل بقع الحديد .

أما بالنسبة لعملية التجميع فقد أشارت Bradley<sup>(٥)</sup> (١٩٨٤) إلى أن المواد اللاصقة تقوم بتجميع الأجزاء المكسورة وذلك بتكوين روابط لكلا السطحين ومن نظريات الالتصاق النظرية الميكانيكية والكهربية والفيزيوكيميائية ونظرية الانتشار. وأضاف محمد مصطفى ١٩٩١<sup>(٦)</sup> أن التجميع يساعد في إعادة الأثر إلى صورته وشكله الطبيعي الذي كان عليه قبل الكسر. وأشار Newey<sup>(٧)</sup> (١٩٩٢) أن المواد اللاصقة يجب أن تكون ذات قوة كافية لإعطاء القطعة قوة مناسبة بعد التجميع تمكنا من تناوله ونقله.

ففي حين أن التقوية أشار إليها Clifton<sup>(٨)</sup> (١٩٨٤) بأنها تزيد من قوة القطعة وذلك بتكوين شبكة من المادة المقوية .

---

(١) Gibson , B.M. ; Methods of removing white and black deposits , studies in conservation , 1971, P.20.

(٢) Stambolov , T.; The deterioration and conservation of porous building materials in monuments , 2<sup>nd</sup> edition , Rome , 1976, P.36 .

(٣) Alessandrini, G. et al.; The cleaning of deteriorated stone minerals, in conservation of stone and other materials , edited by thiel, M.J., Vol.2, UNESCO, Paris , 1993, P. 503.

(٤) Hamilton M. D.;Method of Conserving Archaeological materials culture , conservation of archaeological resource , USA, 1994, P.18.

(٥) Bradley , S.; Strength testing of adhesives and consolidants for conservation purposes , in adhesives and consolidants edited by , Brommelle, N.S. et al , IIC, London, 1984, P.24.

(٦) محمد محمد مصطفى : دراسة مقارنة لأنواع الفخار والسيراميك في مصر مع ترميم وصيانة قطع فخارية أثرية ، رسالة ماجستير ، قسم الترميم ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، سنة ١٩٩١ ، ص ١٤١ .

(٧) Newey , C. et al ; Science for conservators , Book 3 , Adhesives and coating , London , Crafts council , 1992, P. 49 .

(٨) Clifton , J. R., Laboratory evaluation of stone consolidants, in : Adhesives and Consolidants , edited by Brommelle , N. et al , Paris , 1984, P.151.





أضافت Paterakis <sup>(١)</sup> (١٩٩٣) أن مركبات السيلان من المواد الجيدة التي استخدمت في التقوية وذلك بسبب قدرتها على عمل روابط كيميائية بين المكونات . وبالنسبة للاستكمال فقد قامت Loretta et al <sup>(٢)</sup> (١٩٩٦) باستخدام طفلة سهلة التشكيل لاستكمال الأجزاء المفقودة وذلك مع مراعاة درجة الانكماش ثم يتم حرقها يلي ذلك تلوينها ولصقها . أما Sandra <sup>(٣)</sup> (١٩٩٨) فقامت باستخدام البارالويد ب ٧٢ المخلوط بالميكروبالون Microballon .

وبالنسبة للتحاليل والفحوص فقد قام Matson <sup>(٤)</sup> (١٩٦٠) باستخدام الميكروسكوب المستقطب في دراسة العلاقة بين البدن و طبقة التزجيج . وأشار Whitbread <sup>(٥)</sup> (١٩٨٦) إلى أهمية استخدام الميكروسكوب المستقطب في دراسة المحتويات Inclusions . وفي دراسة قام بها Mason et al <sup>(٦)</sup> (١٩٩٠) على بعض العينات الخزفية من حفائر القسطاط وجد أنها تحتوي على كسر صخور بازلتية وبركانية بالإضافة لبعض حبيبات الكربونات .

أما طريقة حيود الأشعة السينية فقد ذكر Rice <sup>(٧)</sup> (١٩٨٧) إلى أنها تستخدم في التعرف على المكونات التي يحتويها البدن وكذلك المواد غير اللدنة مثل الكوارتز والفلسبار والكالسيت . وأضاف محمد مصطفى <sup>(٨)</sup> ١٩٩١ أن استخدام طريقة حيود الأشعة السينية تساعد في التعرف على التغيرات المعدنية التي حدثت عند حرق الطفلة وبالتالي تساعد في التعرف على درجة حرارة الحرق وخاصة عند مقارنة الأنماط المعدنية المتعرف عليها مع المعادن التي تم فحصها في المقطع الرقيق لذات العينات الخزفية تحت الميكروسكوب المستقطب .

- 
- (<sup>1</sup>) Paterakis, A.B.; The consolidation and desalination of ceramic Impregnated with calcium acetate , the 10<sup>th</sup> triennial meeting of ICOM committee for conservation , Los Angeles , 1993, P.704.
- (<sup>2</sup>) Loretta, H. et al ; Reconstructing major missing areas of ceramics vessels using clay in 11<sup>th</sup> triennial meeting of ICOM , Scotland , 1996, PP.833-838.
- (<sup>3</sup>) Sandra, S. ; British Bronze Age pottery , An overview of deterioration & current techniques of conservation at the British museum , in : the conservator , No.22, England, 1998, P.3-11.
- (<sup>4</sup>) Matson, F.R. ; the quantitative study of ceramic materials in the application of quantitative methods in archaeology, edited by Heizer, R.F. and Cook, S.,Chicago,1960, P. 42 .
- (<sup>5</sup>) Whitbread , I. K.; The characterization of Argillaceous in Ceramic thin section , Archaeometry (28) , 1986, P.79.
- (<sup>6</sup>) Mason R.B. & Keall, E.J.; Petrography of Islamic Pottery from Fustat , In: JARCE , XXVII, American Research Center in Egypt , 1990, P. 166.
- (<sup>7</sup>) Rice , P.; OP. Cit., P. 311 .

(<sup>8</sup>) محمد محمد مصطفى : المرجع السابق ، ص ١٩٧ .



وقد استخدم Maniatis et al<sup>(١)</sup> (١٩٨٢) الميكروسكوب الالكترونى الماسح SEM فى الكشف عن حدوث تزجج داخلى من خلال دراسة التركيب الداخلى Microstructure وأشار Tite et al<sup>(٢)</sup> (١٩٨٢) إلى أن SEM يستخدم فى التعرف على درجة حرارة الحرق من خلال المقارنة مع العينات التى يتم إعادة حرقها فى المعمل . وأضاف Colomban et al<sup>(٣)</sup> (٢٠٠٣) أن الميكروسكوب الالكترونى الماسح المزود بوحدة تحليل يستخدم فى تحديد مكونات التزجج خاصة العناصر الملونة فى التزجج.

- 
- (<sup>١</sup>) Maniatis , Y. et al.; Technological examination of Low fired terracotta statutes from Ayia Irini, Kea, Archaeometry ,Vol. 24( 2) 1982, P. 192.
- (<sup>٢</sup>) Tite M.S. et al ; The Use of Scanning Electron Microscope ,in : The Archaeological Ceramics , edited by olin , J & Franklin, A. , Ssmithsonian Institution press, Washington .D.C., 1982, P. 159.
- (<sup>٣</sup>) Colomban P. et al ; Microstructure , composition and processing of the 15<sup>th</sup> century Vietnames Porcelains and Celadon ,in : Journal of culture heritage , Vol. 4(3) 2003, P. 180.



# الفصل الأول

دراسة خامات وتقنية أدوات

الإضاءة الخزفية



## مقدمة أثرية

تعد دراسة أدوات الإضاءة الخزفية من الدراسات الهامة وذلك لما لها من مدلولات اجتماعية واقتصادية و تتميز هذه المسارج بأشكال متنوعة وزخارف رائعة، كما أنها استخدمت في قصور الأغنياء ومنازل الفقراء فهي تعبر عن طبقات المجتمع المصري .

وتنوعت أساليب الصناعة فبعض المسارج تم تشكيلها بالصب في قالب والبعض الآخر تم تشكيلها على العجلة وأخيرا التشكيل باليد .وتعتبر المسارج سجلا بكل أنواع الزخارف النباتية مثل أوراق وعناقيد العنب وكيزان الصنوبر وأوراق الأكانثاس وكذلك الزخارف الحيوانية وفي بعض الأحيان الزخارف الهندسية<sup>(1)</sup> .

وتمتاز المسارج بتنوع أشكالها فمنها الشكل اللوزي والكروي وكذلك شكل الطبق بالإضافة إلى المسارج التي تتميز بشكل الشمعدان وآخر يتميز بشكل البوتقة وشكل ورقة الشجر والبعض الآخر يتميز بشكل القارب أو الحيوان أو لعب الأطفال ، في حين تميزت المقابض بالشكل المخروط أوالحلقي أو المقبض على شكل حيوان أو طائر كما يتضح في الصورة رقم (١) لقطعة من متحف كلية الآثار.وفيما يلي أهم أشكال المسارج :

### ١ - المسارج اللوزية

يتم تشكيل هذا النوع من المسارج باستخدام القالب بحيث يضغط في قالب ثم يتم لصقهما بعد ذلك . ويعتبر هذا الشكل من أكثر أنواع المسارج شيوعا. والزخارف الموجودة في هذه المسارج تتميز بأنها بارزة وذلك بسبب القالب<sup>(2)</sup>.

والزخارف التي توجد على هذه المسارج إما تكون نباتية أو حيوانية أو هندسية وقد تكون زخارف كتابية وهذه الزخارف متأثرة بالتقاليد الساسانية والهيلينستية والقبطية ويتضح ذلك من خلال رسم أوراق وعناقيد العنب وسعف النخيل وكيزان الصنوبر وورقة الأكانثاس ورسم الحمام والأسماك . وتختلف هذه المسارج في شكل المقبض والقاعدة فقد

---

(١) مرفت عبد الهادي : المسارج الخزفية والفخارية من بداية العصر الإسلامي حتي نهاية العصر الفاطمي من خلال مجموعة متحف الفن الإسلامي بالقاهرة . رسالة ماجستير ، قسم الآثار الإسلامية . كلية الآثار . جامعة القاهرة ١٩٩٨ . ص ١ .

(2) Fehervari, G. , Early Islamic Pottery , Kuwait, 1995, P. 24 .





يكون المقبض مخروطي الشكل أو على شكل لسان ينحني طرفه ناحية الخلف في حين أن القاعدة قد تكون مستديرة حلقيه بها زخارف بسيطة أو لوزية مسطحية تأخذ نفس شكل المسرجه<sup>(١)</sup> . والعناصر الكأسية من أهم العناصر الزخرفية وهي من العناصر الهيلينستية وكيزان الصنوبر هي وثيقة الصلة بالفن الساساني وكذلك الأوراق الرمحية التي مصدرها الفن الساساني بالإضافة إلي المراوح النخيلية وأصلها الفن الأغريقي<sup>(٢)</sup> .

## ٢ - المسارج ذات البدن الكروي

تتميز المسارج بالبدن الكروي والقاعدة الحلقيه المقعرة إلى الداخل والرقبة الأسطوانية التي تكون جوانبها وفوهتها قمعية الشكل أيضا، والمشعل بارز ممتد الي مقبض حلقي يلتصق طرفه بالبدن ويلتصق الطرف الآخر بالرقبة<sup>(٣)</sup>، كما توضح الصورتان رقمي (٢) و(٣) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار. وتصنع هذه المسارج بواسطة العجلة ويغطي بدن هذه المسارج طبقة من التزجيج داخليا وخارجيا ، وتختلف المسارج الكروية في أحجامها فمنها متوسط الحجم وصغير الحجم ومسارج أخرى كبيرة الحجم .

## ٣ - المسارج على شكل صندوق

يتم تشكيل هذا الطراز من المسارج بطريقة الضغط في قالب للجزء العلوي وآخر للجزء السفلي ثم يلصق الجزأين معا وتغطي مسارج هذا الطراز بطبقة التزجيج من الداخل والخارج وتكون هذه الطبقة بألوان مختلفة . ويتميز هذا النوع من المسارج بالشكل المستطيل ويرتكز هذا الصندوق على أربعة أرجل وتوجد في قمة المسرجة فتحة الزيت والمقبض يعلو سطح المسرجة وقد يكون للمسرجة مشعل واحد أو مشعلين كما توضح الصورة رقم (٤). والاختلاف بين مسارج هذا الطراز تكون في شكل المشعل وفي شكل فتحة الزيت حيث أنها تكون لوزية أو مستديرة<sup>(٤)</sup> .

## ٤ - المسارج ذات البدن على شكل طبق

تشبه هذا المسارج في شكلها الطبق مع اختلافات بسيطة وتختلف أشكال هذا الطراز فقد

(١) مرفت عبد الهادي : المرجع السابق ص ٢٤ .

(٢) فريد شافعي : العمارة العربية في مصر الإسلامية . المجلد الأول عصر الولاة ، القاهرة ١٩٧٠ ص ٩٥ .  
(٣) Bailey ,D.M.G., Greek and Roman Pottery Lamps , London. 1975 , P 19.

(٤) مرفت عبد الهادي : المرجع السابق ص ١٥٨ .



تكون مجرد طبق مضغوط جزء صغير من حافته لتمسك بالفتيل أو تكون المسرجة على شكل طبق في وسطه يوجد جزء مستدير ملتصق بالقاعدة وبه ثقب صغير يوضع به الفتيل وتمتد منه إلى حافة الطبق المضغوط وهذا الثقب يسمح بنفاذ الزيت من خلاله إلى طرف الفتيلة كما في الصورة رقم (٥) . وهناك نوع آخر ينقسم إلى قسمين جزء سفلي وهو على شكل طبق مضغوط جزء منه للإمساك بالفتيل والجزء العلوي يكون أصغر في الحجم بحيث يرتكز فوق الجزء السفلي وهو أشبه بغطاء .

بينما هناك طراز آخر يكون على شكل طبق بواسطة عمود ترتكز فوقه المسرجة أما الشكل الأخير لهذا الطراز تكون فيه المسرجة على شكل طبق له حافة أو إطار يثبت إلى الداخل وله مقبض يشبه شكل المقبض في الطراز الثاني وفي مقابل المقبض يوجد ثقب يصل بين المسرجة والمشعل الممتد حيث ينفذ الفتيل من خلاله <sup>(١)</sup> .

#### ٥ - المسارج ذات البدن الأسطوانى

وهي مسارج ذات شكل اسطوانى أو دائرى وغير عميق البدن ومزود بمشعل ممتد إلى الأمام أسطوانى الشكل أيضا والمقبض حلقى يلتف تجاه فتحة الزيت التى تتوسط سطح المسارج . وبالإضافة إلى الأشكال السابقة فإن هناك أشكال أخرى للمسارج بعضها على أشكال حيوانات والبعض الآخر على أشكال ورق الشجر أو شكل القارب وقد اكتفى الخزاف بوضع طبقة من التزجيج على هذه المسارج ولم يعمل زخارف عليها .

#### Fuel and Wicks الوقود والفتائل

كانت الفتائل المستخدمة تصنع من الكتان أو نبات الخروع أو من الألياف النباتية حيث كانت تقوم بامتصاص الزيت من المسرجة بالخاصية الشعرية . أما الزيوت المستخدمة فى الإضاءة فإن زيت الزيتون هو الوقود الأساسى منذ العصر اليونانى الرومانى <sup>(٢)</sup> . وكان المصريون يستخرجون زيت الزيتون من زراعات الفيوم والإسكندرية كما أن زراعة الكتان كانت منتشرة فى أماكن شتى بمصر <sup>(٣)</sup> .

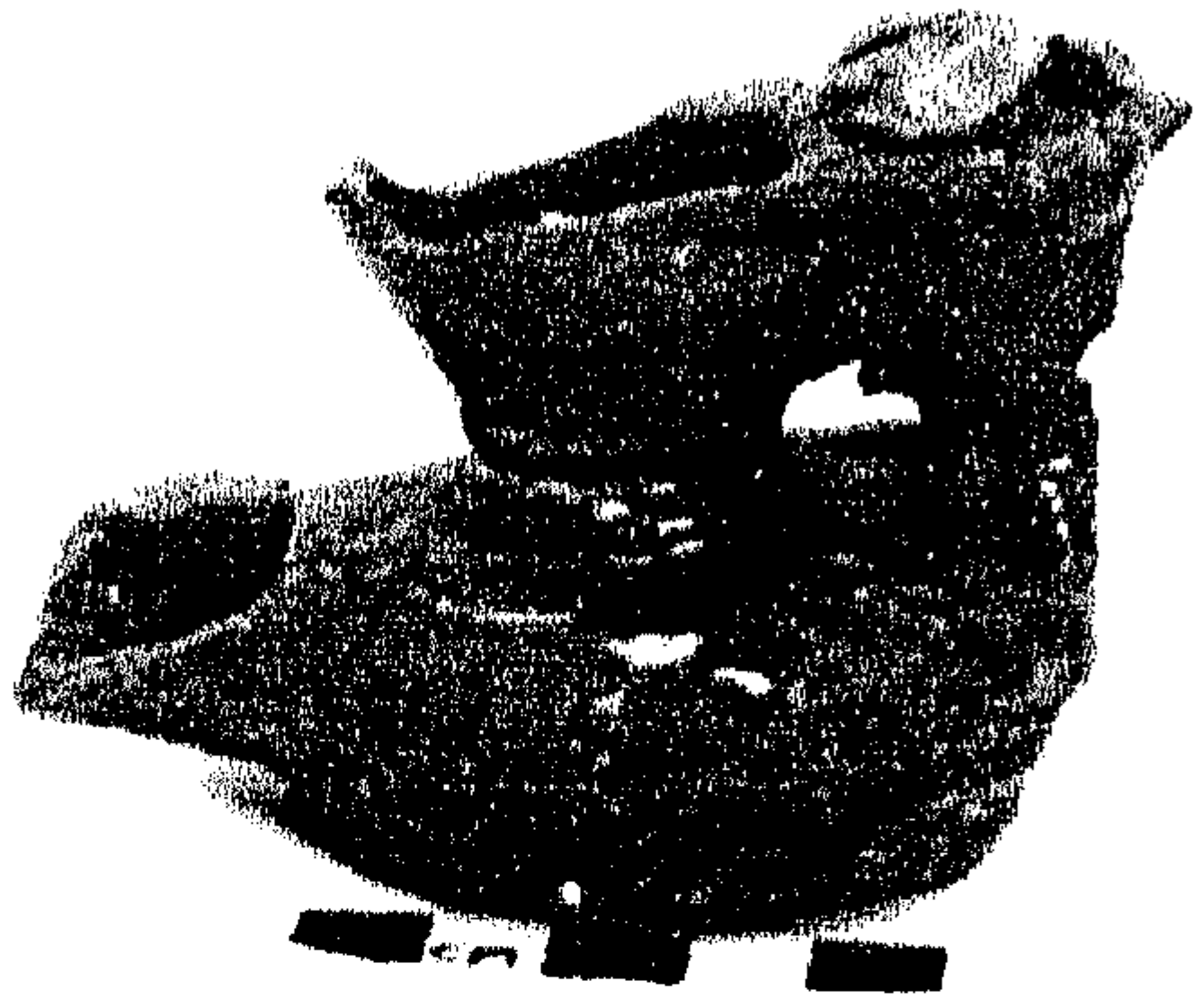
(١) مرفت عبد الهادي: نفس المرجع ص ١٦٨ .

(3) Bailey , D . M. ;Op. Cit P . 10 .

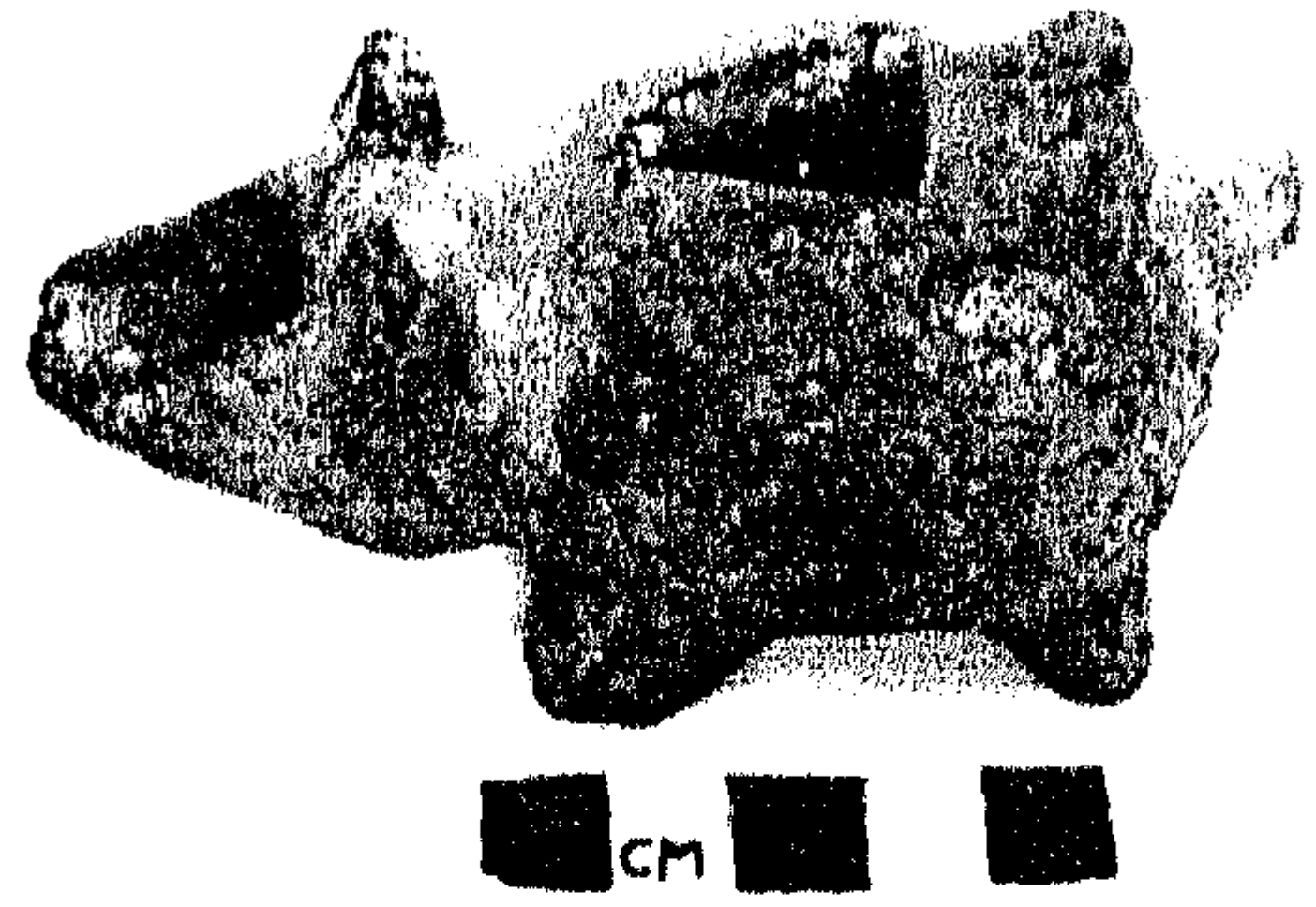
(٢) السيد طه أبو سديرة : الحرف والصناعات فى مصر الإسلامية : الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة

سنة ١٩٩١س ص ٣٢٦ .

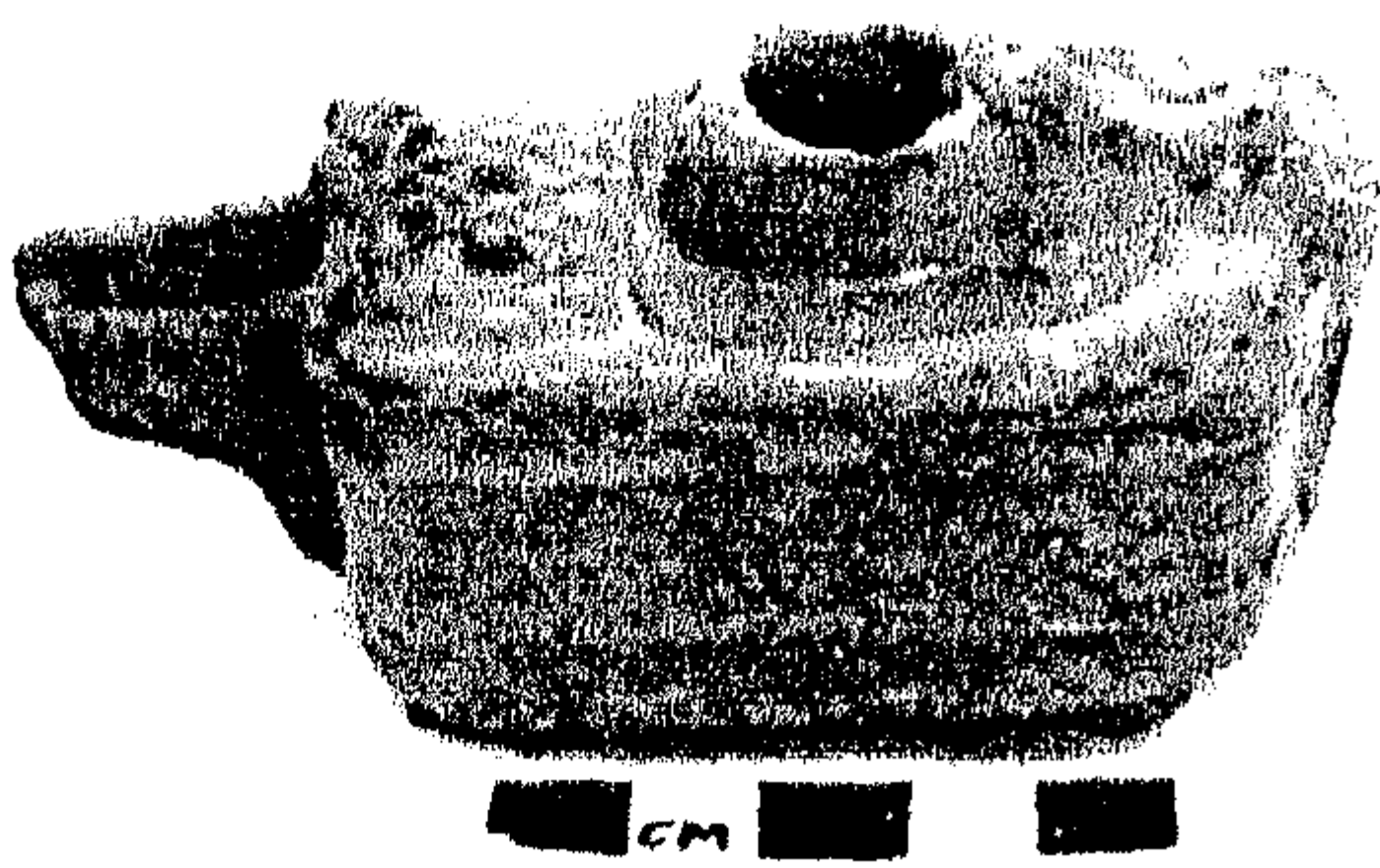




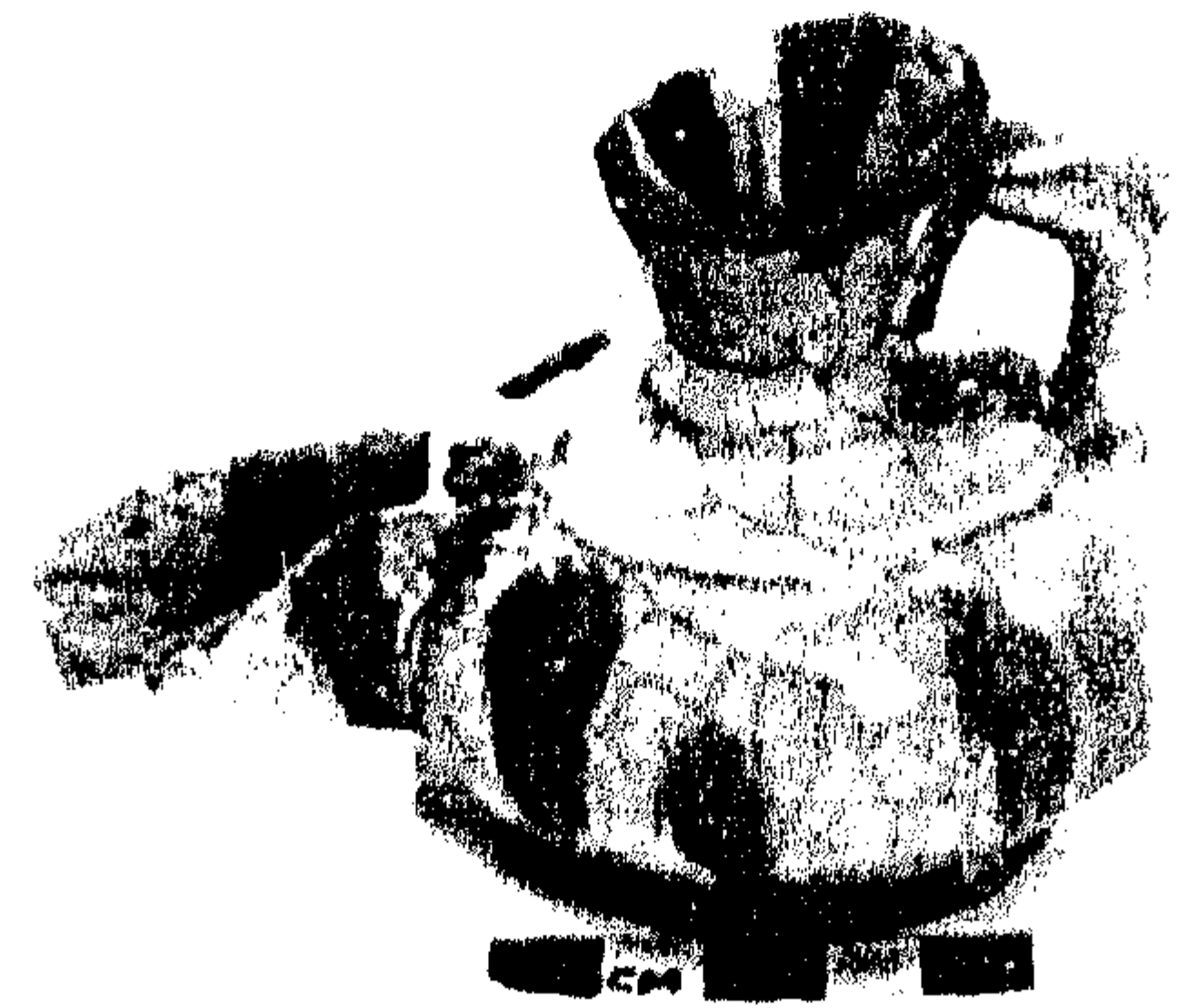
صورة رقم (٢) توضح مسرجة ذات بدن  
كروى ويلاحظ أن المقبض على شكل فأر.



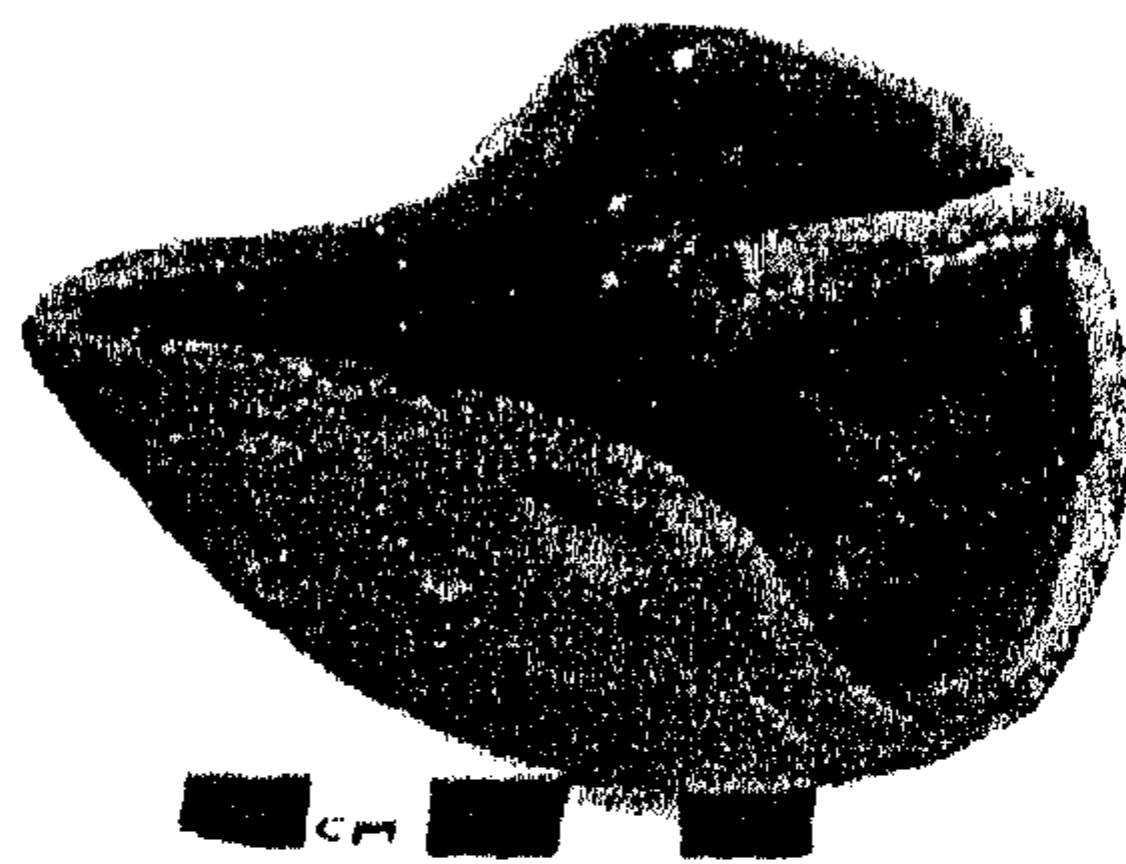
صورة رقم (١) توضح  
أحد المسارج على شكل حيوان



صورة رقم (٤) توضح مسرجة على شكل  
صندوق وتتميز بوجود مشعل واحد .



صورة رقم (٣) توضح أحد المسارج  
ذات البدن الكروى والتزجيج المبرقش .



صورة رقم (٥) توضح  
مسرجة على شكل طبق .





تعد أدوات الإضاءة الخزفية من المنتجات الشائعة ذات الخصائص المميزة في طرق إنتاجها. وعادة ما يتم العثور على هذه الأدوات في مواقع الحفائر وكذلك توجد في العديد من المتاحف؛ لذلك كان لابد من دراسة هذه الأدوات التي تتكون من بدن وتزجيج حيث تنوعت مكونات كلا منها ، ويلقي هذا الفصل الضوء على الخامات التي استخدمت في صناعة هذه الأدوات، كذلك طرق الصناعة منذ الحصول على المواد الخام حتى يتم الوصول إلى الشكل النهائي. وتتكون المسارج من بدن و تزجيج.

### أولا : البدن Body

يمكن تعريف البدن بأنه خليط من الطفلات فقط أو طفلات ومواد أخرى تخطط للحصول على خواص خزفية خاصة <sup>(١)</sup>. ومن المعروف أن معظم الطفلات لا تستخدم منفردة ولكن تستخدم متحدة مع عناصر أو مواد أخرى غير طفالية تضاف إلى البدن الطفلي، ويتكون البدن الطفلي في هذه الحالة من مواد لدنة plastic materials مثل الطفلات ومواد متحكمه في الكثافة- a density Controlling وهي تساعد على الصهر flux وأخيرا المواد المائلة filler لخفض اللزوجة والانكماش

وفي بعض الأحيان توجد بعض الشوائب بالطفلة والتي تقوم بدور المواد المصهرة ويقوم الرمل الموجود مع الطفلة بدور المواد المائلة؛ وعادة فإن الطبيعة تحتوى على الخليط الذي يكون بدنا طفليا حيث أن الترسيبات الطفلية تختلط مع المواد المصهرة والمواد المائلة في كتلة واحدة<sup>(٢)</sup>. وفيما يلي أهم مكونات البدن الطفلي :-

### ١- الطفلة Clay

تعتبر الطفلة أساس الخزف <sup>(٣)</sup> وقد أختارها القدماء وذلك لما تتميز به من خواص مثل اللدونة، اللون، وكذلك لإنتشارها ، رخص سعرها كما انها تصبح ثابتة عند حرقها <sup>(٤)</sup> ومن الصعب وضع تعريف محكم ومحدد للطفلة وذلك لأن هذا المصطلح استخدم مع مواد مختلفة الأصل والتركيب <sup>(٥)</sup>، وتنتج الطفلة من أنهار وتفتت الصخور النارية المرتفعة في نسبة

(<sup>١</sup>) Rhodes , D.;Clay and glazes for the potters, London , 1996, P.24.

(<sup>٢</sup>) Peterson, S.; The craft and art of clay , London , 1995 , P . 138 .

(<sup>٣</sup>) Sinopoli, C.M., Approaches to archaeological ceramic, plenum press, Newyork,1991, p150.

(<sup>٤</sup>) Elsheltawy , H .M .;Archaeological Geology of ancient ceramic , MSC thesis , Geology department , Faculty of science , Cairo university ,Cairo, Egypt,1994 , P.26.

(<sup>٥</sup>) Shepard , A.O.;Ceramics for the Archaeologists, Washington ,1985 , p .6 .





الألومنيا مثل "الميكافيلسبارات" وتتفتت هذه الصخور بواسطة العمليات الميكانيكية مثل الرياح ، المياه، الحرارة ،وكذلك العمليات الكيميائية مثل الأحماض أو مكونات كيميائية أخرى أو البيوكيميائية نتيجة الأنشطة النباتية<sup>(١)</sup>.

ويذكر Hodges<sup>(٢)</sup> (١٩٦٤) أن الطفلة هي ترسيب الجزيئات الصغيرة الناتجة من تجوية الصخور الأصلية وتوجد منه جزيئات قليلة يزيد قطرها عن ٠,٠١ مم، وأساس معظم الطفلات هو سيليكات الألومنيوم المائية  $AL_2O_3.2SiO_2.2H_2O$  التي تنشأ من تفكك وتحلل الصخور النارية حيث أن أكاسيد البوتاسيوم أو الصوديوم الموجودة بالفلسبارات تهاجم وتذاب طبيعياً بسبب وجود الأحماض في التربة لذلك فإن الكاولينيت لا يوجد في صورة نقية في الطبيعة ففي أفضل الأحوال يوجد معه معادن نشأت من صخور نارية مثل الميكافيل.

والطفلة هي معدن ذو تركيب بلوري لكل منها بلورات منفردة صغيرة يصعب رؤيتها بالعين المجردة ، ويصف جميع العلماء الطفلة بأنها طين ترسب بواسطة الأنهار في البحيرات والبحار واثناء النقل تطحن الطفلة وتخلط بالشوائب<sup>(٣)</sup>.

وتتكون الطفلات في حالتها الطبيعية من معادن ذات أصل أولي primary origin minerals of وهي توجد في الصخور النارية ولم تعاني من تغيرات واضحة في التركيب وهي مواد أولية و معادن من أصل ثانوي minerals of secondary origin وهي تنتج بفعل العوامل الكيميائية والفيزيائية على المعادن الأولية وتحولها إلى معادن ثانوية<sup>(٤)</sup> . ويعتبر Kromer<sup>(٥)</sup> (١٩٨١) الطفلة صخور ثانوية تتميز بالدقة حيث أن حجم جزيئاتها أقل من ٢ ميكرون . ونادراً ما تكون مواد الخزف نقية بالرغم من أنه في بعض الحالات يكون نوع واحد من الطفلات شائعاً، إلا أن الشوائب الموجودة هامة جداً في تحديد خواص هذا الخزف . وتحتوي الطفلات على أنواع عديدة من المعادن<sup>(٦)</sup>.

---

(1) Nelson ,K. ;Ceramic Analysis in Archaeology Manual , Institute of international . Education subcontract ,1999 , pp . 69-83

(2) Hodges, H . ; Artifacts,London,1964,p.21.

(3) Hamer, F.; The potter's dictionary of materials and techniques , New York ,1986 ,p .58.

(4) Grimshaw R.W. ;The chemistry and physics of clays ,fourth edition, London,1971, p. 272.

(5) Kromer ,H. ; Mineralogical and technology characteristics of ceramic clays, in international clay conference, Amsterdam , 1981 ,pp .685-697 .

(6) Grimshaw,R.W.; Op Cit , p .271.



لذلك يجب الإشارة إلى أهم مكونات الطفلات أو المكونات التي توجد في الطفلة بصورة طبيعية وبملاحظة تركيب الطفلة نجد أن أهم المكونات هو السليكا ثم الألومينا هذا بالإضافة إلى بعض الشوائب التي تنتج من الترسيب مثل الفلسبارات ، ترسيبات الحديد ، الكالسيوم<sup>(١)</sup> .

#### أ- السليكا Silica SiO<sub>2</sub>

تتكون الطفلات النقية من ٤٧% من السليكا<sup>(٢)</sup> . وتتواجد السليكا في الطفلات إما في حالة حرة مثل الكوارتز أو في صورة أشكال أخرى متبلورة وقد تكون غير متبلورة ، مائية ، سليكا دقيقة أو في حالة متحدة مع الألومينا في شكل الطفلة ومعادن الطفلة أو مع المواد المصهرة والألومينا في شكل الفلسبارات والميكا ، سيليكات الألومنيوم أو مع قواعد أخرى مكونة سيليكات بسيطة مثل الولاستونيت Wollastonite وتعمل السليكا على تقليل لدونة الطفلة وكذلك تقليل معدل إنكماشها عند الحرق ، ويلعب حجم الحبيبات للسليكا دورا هاما حيث أن الحبيبات دقيقة الحجم تتفاعل عند درجة حرارة منخفضة بينما الحبيبات الكبيرة تعمل على زيادة المقاومة الحرارية للطفلة<sup>(٣)</sup> .

#### ب- الألومينا Alumina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

أن الألومينا توجد في الطفلات ليس فقط في صورة معادن طفلية ولكن أيضا في الفلسبارات والميكا والهورنبلند ، التورمالين ومعادن سيليكات الألومنيوم المتشابهة وهي كلها متوسطة الإنصهار، كما أن طفلات الهالوسيت Hallosite تحتوي نسبة من الألومينا الحرة في صورة الجيبسيت [Al(OH)<sub>3</sub>] Gibbsite. وتقوم الألومينا بتقليل اللدونة لأنها غير لدنة بالإضافة إلى أنها تزيد المقاومة الحرارية للطفلة<sup>(٤)</sup>.

#### ج- الفلسبارات Feldspars

الفلسبارت هي أصل الطفلة التي لم تكن موجوة عند نشأة الكرة الأرضية ولكنها تكونت بتفكك وتحلل هذه الصخور الفلسبارية<sup>(٥)</sup> ، والفلسبارت هي مجموعة معادن الألومنيوسيليكات التي تحتوي واحد أو أكثر من معادن سيليكات البوتاسيوم ، الصوديوم، الكالسيوم ، الألومنيوم .

(<sup>1</sup>)Shepard , A.O. ; Op Cit ,p .21.

(<sup>2</sup>) Hamer , F. ; Op Cit , :p .265.

(<sup>3</sup>) Grimshaw ,R.W. ; Op Cit , p .273.

(<sup>4</sup>) Ibid , P. 274.

(<sup>5</sup>)Kenny ,J.B. ; The complete book of pottery making , New York ,1958 , P . 135.



والفلسبارات عندما تكون نقية تكون عديمة اللون أو بيضاء ، ولكن معظم الطفلات تكون ما بين الأحمر ، الرمادى ، الأخضر . بسبب وجود الشوائب ، وتحتوى الفلسبارات على نسبة كبيرة من القلويات وبالتالي تنصهر عند درجة حرارة منخفضة <sup>(١)</sup> .

#### د - مركبات الحديد Iron Compounds

تعد مركبات الحديد من أهم المكونات التى لاتخلو منها الطفلة ، ومن هذه المكونات الهيماتيت  $Fe_2O_3$  ، أكسيد الحديدوز  $FeO$  ، أكسيد الحديد المغناطيسى  $Fe_3O_4$  كبريتيدات الحديد  $FeS, FeS_2$  ، كربونات الحديد  $FeCO_3$  وهيدروكسيدات الحديد مثل الجيوثيت  $FeO(OH)$  <sup>(٢)</sup> .

وبدخل الحديد فى تركيب العديد من السليكات و يعتمد تفاعل هذه المواد عند حرقها على حجم الجزيئات والمواد المتحدة معها والعلاقة مع المكونات الأخرى للطفلة، ولمكونات الحديد فى الطفلة عدة تأثيرات حيث أنها تؤثر فى لون الطفلة كما تؤدي إلى وجود بعض البقع اللونية بعد الحرق بالاضافه إلى أن لها تأثير المواد المصهرة حيث تقلل المدي الحراري للطفلات <sup>(٣)</sup> .

#### هـ - مركبات الكالسيوم Calcium Compounds

قد يوجد الكالسيوم فى عدة معادن مثل الكالسيت -الأراجونيت - سيليكات الكالسيوم المختلفة وسيليكات الألومنيوم التى تحتوى على بعض الفلسبارات مثل الميكا، ولمركبات الكالسيوم عدة تأثيرات حيث أنها تعمل كمواد مصهرة وذلك باتحادها مع السليكا والألومينا لتكون سائل عند نقطة إنصهار منخفضة وبالتالي تزيد كمية التزجج وتقلل المدي الحراري للطفلة ، كما أن السائل الناتج يتجمد عند التبريد ويكون روابط قوية ويعطى بدن غير منفذ وتعمل مركبات الكالسيوم ايضا على تقليل الإنكماش وتسهيل الجفاف عند درجات الحرارة المنخفضة.

وتعمل على تغيير لون البدن الذى يوجد به حديد من اللون الأحمر إلى اللون الكريمى ولكى تكون أكثر تأثيرا فإنه يجب أن تكون ناعمة ودقيقة . وعند تسخين كربونات الكالسيوم إلى حوالى ٩٠٠ درجة مئوية فإنه يتحول إلى جير وعند التبريد قد يمتص الرطوبة من الهواء مما يؤدي إلى زيادة الحجم ويؤدي ذلك إلى حدوث شروخ بالبدن الخزفي . كما تزيد مركبات الكالسيوم من معدل التزجج <sup>(٤)</sup> .

(1) Grimshaw R. W. ; Op. Cit. , p.284.

(2) Ibid , P.275.

(3) Grimshaw ,R.W. ; Op Cit , p.278.

(4) Ibid , P .280.



## و- المواد العضوية Organic Materials.

قد توجد مواد عضوية بالطفلة و يكون لها تأثيرات مختلفة فهي تعطي لون قائم للمواد الخام أما عند الحرق فتعطي جو مختزل أثناء الحرق كما أنها تقلل كمية الوقود المطلوب لإتمام الحرق حيث أنها تحترق بسرعة أكثر وتعمل على ارتفاع نسبة منطقة اللب السوداء بالإضافة إلى أن حرقها يؤدي إلى زيادة المسامية<sup>(١)</sup>.

### تقسيم الطفلات حسب طريقة تكونها

لقد قسم العلماء الطفلات حسب طريقة تكونها إلى طفلات أولية وأخرى ثانوية .

#### أ- الطفلات الأولية "الباقية" Primary Clay "Residual"

وهي الطفلة التي تنتج من العمليات الجيولوجية مثل الضغط أو أي عمليات أخرى توجد في الطبقات الجيولوجية وتوجد هذه الطفلة بالقرب من مكان الصخر الأصلي والمكونات العضوية بها أقل من ١% كما أنها تكون خشنة ومنخفضة اللدونة<sup>(٢)</sup>.

وتسمى أيضا بالطفلات الباقية حيث يمكن الحصول عليها من المكان الذي تحللت فيه من الصخر الأم<sup>(٣)</sup> . وهي طفلة نقية تتكون من الألومينا والسليكا وماء متحد كيميائيا ونظرا لخشونتها فيصعب العمل بها حيث أنها غير لدنة المدي الحراري لها كبير<sup>(٤)</sup>.

#### ب- الطفلات الثانوية "الرسوبية" Secondary clay "Sedimentary"

معظم الطفلات لا تبقى في المكان الذي تكونت فيه ولكنها تتحرك مسافات طويلة عن طريق الماء والرياح وتسمى طفلة رسوبية ونتيجة نقلها فإن حبيباتها تصبح ناعمة وتحتوي على العديد من الشوائب وعليه فإنها أكثر لدونة وأقل مقاومة للحرارة من الطفلة الباقية وألوانها زرقاء ، خضراء ، أصفر ، أحمر ، بني وعند حرقها تعطي ظلال اللون الأحمر أو الأصفر<sup>(٥)</sup> .

وتحتوي الطفلات الثانوية على شوائب ، ويعد الحديد أكثر هذه الشوائب شيوعا وكذلك تحتوي على المواد العضوية التي تعطي لون قائم لخام الطفلة<sup>(٦)</sup>.

(<sup>١</sup>) Ibid ,P.288

(<sup>٢</sup>) Nelson, K.; Op Cit, P .70.

(3) Hamer , J.B.;Op Cit , P. 59.

(4) Kenny, J.B. ;Op Cit , P .153.

(<sup>٥</sup>) Ibid P. 153 .

(<sup>٦</sup>) Hamer , F.; Op. Cit., P. 59 .





وفيما يلي أهم أنواع الطفلات :-

#### ١- الكاولين Kaolin

وهي طفلة أولية تكونت من تجوية الفلسبارات ويتميز هذا النوع من الطفلات بالخشونة وبالتالي تعتبر مادة محدودة اللدونة إذا ما قورنت بمعظم الطفلات الرسوبية كما أنها خالية بصورة نسبية من الشوائب مثل الحديد بالإضافة الي أنها توجد مختلطة مع كسر الصخور الفلسباريه والكوارتز لذلك عند إستخدامها لابد من إضافة مواد أخرى لزيادة قدرتها على التشغيل وخفض درجة حرارة الحرق . وتختلف طفلة الكاولين في درجة لونها و لدونتها فالكاولين الثانوي أو الرسوبي يميل إلى اللون الفاتح عند الحرق وتتميز طفلة الكاولين أيضا بصفات حرارية عالية high refractory ودرجة انصهارها اكبر من ١٨٠٠ م<sup>(١)</sup> .

#### ٢- مجموعة السمكتيت Smectite Group

وتتكون هذه المجموعة من الصخور النارية القاعدية والمعادن التي تكون مرتفعة في نسبة الكالسيوم والماغنسيوم والحديد ، ومن أشهر أنواع هذه المجموعة هو المونتيموريلونيت Montmorillonite . ويتميز هذا النوع من الطفلات بأنه لم يحدث له تجوية كاملة كما حدث في الكاولينيت . وتتحول هذه المجموعة إلى كاولينت إذا تعرضت لأمطار وحرارة مرتفعة حيث تتم إزالة الصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم، كما أن جزيئات السمكتيت أصغر من الكاولين وبالتالي فهي طفلة لدنة ولزجة ، وتحتوي هذه المجموعة على نسبة أعلى من السليكا بالمقارنة بالألومينا بنسبة ٤ : ١ وتمتص كمية كبيرة من الماء كذلك تتميز بارتفاع نسبة انكماشها، وتميل هذه الطفلات إلى التشقق عند الجفاف و يمكن استخدامها كبطانة ملونة حيث أنها قادرة على امتصاص أيونات أخرى .

#### ٣- الإيليت Illite

تتج هذه الطفلات في بيئات مختلفة فقد تنتج في البيئات البحرية العميقة ذات الطبيعة القلوية، ويتميز الإيليت بأنه ينصهر عند درجة حرارة منخفضة كما لا تتعرض هذه الطفلة للتمدد وهذا النوع جيد لإستخدامه في عمل البطانات الملونة<sup>(٢)</sup> .

(١) Rhodes, D.;Op. Cit., P.20 .

(٢) Henderson ,J. ; The science and archaeology of materials , London ,2000 , p .114.



#### ٤- طفلات المشغولات الأرضية Earthenware clays

هذه طفلات عديدة ومختلفة وهى الطفلات التى يمكن إستخدامها فى صنع الأواني الأرضية<sup>(١)</sup>. وقد تسمى بالطفلة الشائعة وقد صنع معظم فخار العالم من هذه الطفلة. استخدمت أيضا فى صناعة الآجر والبلاطات بأنواعها .

وتحتوى الطفلات الأرضية على الحديد وبعض المعادن الأخرى كالشوائب بكميات كافية لتجعل هذه الطفلة قوية وصلبة عند حرقها عند حوالى ٩٥٠ - ١١٠٠ °م . كما تختلف ألوان هذه الطفلات فقد تكون حمراء أو بنية أو رمادية وذلك نتيجة وجود أكاسيد الحديد والمنجنيز بالإضافة إلى أنها تتميز باللدونة المرتفعة واللزوجة عند استخدامها منفردة ولكن قد تكون محدودة اللدونة بسبب وجود الرمل أو كسر الصخور الأخرى<sup>(٢)</sup> .

#### ٥- طفلة الكرة Ball clays

وقد اتفق كل من Kenny<sup>(٣)</sup> (١٩٥٨) و Rhodes<sup>(٤)</sup> (١٩٩٦) على أن الطفلات الكروية ما هى إلا طفلات رسوبية أو منقولة نقلت فى المجارى المائية وترسبت أسفل أو بين طبقات الفحم وتكمل كل من الكاولين والطفلة الكروية بعضهما وعادة ما يتم خلط النوعين من أجل تعديل عيوبهما وإعطاء طفلة لها القدرة على التشغيل .

وتتميز طفلة الكرة بارتفاع نسبة الحديد بها وكذلك قابليتها للانصبهار إلى جانب لدونتها العالية ، ومن ناحية أخرى ينخفض حجم حبيباتها ويرتفع معدل انكماشها عند الحرق حيث يصل إلى ٢٠%، ويزيد فى الطفلة الكروية محتوى المواد العضوية التى تؤثر فى لونها وهى خام وتظهر بلونا رماديا قاتما<sup>(٥)</sup> .

#### ٦- طفلات المشغولات الحجرية Stone ware clays

تعتبر هذه الطفلات ثانوية أو رسوبية وأشار Kromer<sup>(٦)</sup> (١٩٨١) إلى أنها تحتوى على قدر كبير من الايليت بجانب الكاولينيت وحبيبات الكوارتز وهذه المكونات تساعد فى الحصول على بدن منخفض المسامية.

(١) Hamer , F.; Op . Cit., P. 60 .

(٢) Rhodes , D.; Op . Cit., P. 22.

(٣) Ibid , P . 20.

(٤) Kenny, J .; O P cit , P . 154 .

(٥) Ibid , P . 21. 22

(٦) Kromer , H .; O p cit p . 689 .



وأشار Mason & Edward<sup>(1)</sup> (١٩٩٠) إلى إن طفلات الاواني الحجرية استخدمت لمحاكاة البورسلين الصيني حيث استخدمت خلطة تحتوي على عشرة أجزاء من مسحوق الكوارتز وواحد جزء من الحميص القلوي (الفرت) وجزء واحد من الطفلة وذلك لإنتاج بعض الأواني الخزفية في العصر الإسلامي في مصر.

وتتميز هذه الطفلة بارتفاع محتواها من الكوارتز وانخفاض محتواها من الحديد بالإضافة إلى أنها تتميز باللون الرمادي الفاتح أو الأصفر إلى الرمادي القاتم أو البني وذلك بعد الحرق هذا إلى جانب ارتفاع لدونها وتحدث لها التسوية عند ١٢٠٠ - ١٣٠٠ °م<sup>(2)</sup>.

### (٧) الطفلات النارية Fire Clays

هي تلك الطفلات التي تتميز بمقاومتها المرتفعة للحرارة بدون تغير في الشكل<sup>(3)</sup>.

وهذا النوع من الطفلة ليس نوع معروف ومحدد مثل الطفلات الكروية أو الكاولين ولكن مصطلح Fire Clays يرجع إلى صفة وهي مقاومة تأثير الحرارة فالبعض منها قد يكون لدن أو غير لدن أو مختلف في اللون ولكنه يقاوم الانصهار بالحرارة " التفكك والانحلال " ، وهذا يعني أن هذه الطفلة نقية نسبيا وخالية من الحديد وهذه الطفلات مفيدة في صناعة الأجزاء الحرارية في الأفران وبواتق الصهر<sup>(4)</sup>.

### خواص الطفلات Clay Properties

#### (١) اللدونة Plasticity

لقد اتفق كل من Kenny<sup>(5)</sup> (١٩٥٨) ، Grim<sup>(6)</sup> (١٩٦٢) و Shepard<sup>(7)</sup> (١٩٨٥) و Henderson<sup>(8)</sup> (٢٠٠٠) على أنها الخاصية التي يضاف فيها الماء إلى الطفلة حتى يمكن تشغيلها بالضغط وتبقى بهذا الشكل بعد زوال الضغط . وتفقد هذه الخاصية عند فقد الماء أثناء الجفاف وتفقد بلا رجعه عند الحرق ، أي أنها خاصية تعطي الطفلة إمكانية تشغيل ويعمل الماء على التزييت أو التشحيم lubrication حيث يسمح للدقائق الصغيرة أن تنزلق slide فوق بعضها البعض ، وتتراوح نسبة ماء اللدونة ما بين ٣٠ - ٤٥ % .

(1) Mason , R . B & Edward, K .; Petrography of Islamic pottery from Fustat , in JARCE , 1990, PP . 165-183.

(2) Rhodes , D . ;O P Cit, P. 22.

(3) Grimshaw , R . W. ; O P Cit , P . 296 .

(4) Rhodes , D . ; O P Cit, P. 21.

(5) Kenny , J .; O P Cit, P. 156.

(6)Grim, R.; Applied clay mineralogy, McGraw- Hill Book Company, London, 1962, P.54.

(7) Henderson , J . ;O P Cit , P . 117 .

(8) Rice , P . W. ; Pottery analysis , university of Chicago press , USA , 1982 , P . 58.



وهناك العديد من العوامل التي تؤثر في ارتفاع أو انخفاض لدونة الطفلات مثل حجم جزئيات الطفلات وشكلها وكذلك المحتوى الحقيقي من الطفلة ومحتوى الرطوبة بالإضافة الي الشد السطحي للماء و مكان ترسيب الطفلة والمعادن المكونة لها وكذلك وجود مواد عضوية ومعادن غير طفليه بالإضافة الي درجة الحرارة وقوة ربط الحبيبات <sup>(1)</sup> ، وتختلف طريقة التشكيل باختلاف لدونة الطفلة فالطفلة التي تستخدم مع عجلة التشكيل Potters wheel يجب أن تكون أكثر لدونة بينما الطفلة المستخدمة في الطريقة اليدوية يجب أن تكون أكثر صلابة <sup>(2)</sup> .

## (٢) الجفاف Drying

الجفاف هو إزالة الرطوبة ، عن طريق معادلة لمحتوى الرطوبة بين القطعة والهواء المحيط بها <sup>(3)</sup>

وقد ذكرت Shepard <sup>(4)</sup> (١٩٨٥) أنه يجب الحذر والحيلة عند جفاف القطعه بسبب الضغوط الناتجة من الجفاف السريع ويحدث نتيجة ذلك تشرخ للبدن وتتم هذه العملية قبل الحرق حتى لا يحدث تشوه للبدن .

وهناك أربعة أشكال للماء عند تحول الطفلة من الحالة الرطبة مرورا باللدونة حتى تصل إلى مرحلة الجفاف بالهواء وهي : ماء الانكماش shrinkage water ويظهر في شكل (1) (أ) الماء الزائد أو الماء الحر أما ماء المسام pore water فيظهر في شكل (1) (ب) عند تلامس الجزئيات معا وتحول الطفلة إلى مرحلة التجلد Leather-hard أما الماء المدمص على السطح surface-adsorbed water فيظهر في شكل (1) (ج) فيشير إلى الماء المحيط بجزئيات الطفلة ويتبخر عند نهاية الأنابيب الشعرية ، أما الماء المتداخل أو الماء المتحد كيميائياً interlayer and crystal lattice water فيشير إلى الماء المعزول عن الهواء الخارجى وفي هذه الحالة تصل كمية التبخر إلى صفر . شكل (1) (د) .

ويفقد الماء بالخاصية الشعرية أو من الحركة خلال مسام الطفلة من الجزء الداخلى للطفلة إلى الجزء الخارجى وذلك لأن البخار يبدأ عند السطح وحواف كتلة الطفلة اولا <sup>(5)</sup> .

(1) Henderson , J. ; O P Cit , P . 117 .

(2) Hamer , F. ; O P Cit , P . 104 .

(3) Shepard , A . O. ;O P Cit , P . 72.

(4) Rice , P . M . ;O P Cit , P . 64 .

(5) Henderson , J. ; O P Cit , P . 152 .





وعندما يحدث الجفاف فإن الماء المدمص والذي يحيط بالطفلة يساعدها على الانزلاق ويبدأ  
فى التبخر ويجمع صفائح الطفلة معا وبذلك تزيد الكثافة وقد تنشأ بعض الشروخ الصغيرة ويحدث  
عملية تجلد للطفلة leather-hard .

وإذا كان هناك مواد غير لدنة فإنها بالطبع لا تكون محاطة بغلالة من الماء لذلك تكون  
كمية الماء المفقودة قليلة وهذا يسهل عملية الجفاف ويقلل من الانكماش نسبيا . وقد قسم  
Norton <sup>(1)</sup> (١٩٤٩) عملية الجفاف إلى مرحلتين هما :

#### ١ - مرحلة الجفاف الثابت The Constant-Rate Period

وهى المرحلة التي تحتوى فيها الطفلة على كمية كافية من الماء لتملأ المسام على الأقل،  
ويكون معدل الجفاف فيها سريع وتتكمش الطفلة بالحجم المساوي لحجم الماء المفقود ويدخل  
الهواء إلى المسام ليحل محل الماء ، بعد ذلك تقل سرعة الجفاف وهذا يعرف بالنقطة الحرجة  
critical point.

#### ٢ - مرحلة الهبوط Falling Rate Period

يدخل الماء إلى الشعيرات بعد النقطة الحرجة ويعطى السطح لونا فاتحا وتقل كمية وسرعة  
البخار التي تخرج إلى السطح تدريجيا بواسطة القوى الشعرية ، وتتأثر عملية الجفاف بعدة عوامل  
وهى كمية الماء الموجود بالطفلة وكذلك رطوبة البيئة المحيطة هذا إلى جانب حجم وترتيب  
جزئيات الطفلة ودرجة الحرارة التي يحدث عندها الجفاف <sup>(2)</sup> ، كما أن لحركة الهواء خلال السطح  
تأثير كبير حيث يتم استبدال هواء مشبع بأخر جاف <sup>(3)</sup> ، كذلك تأثير وجود المواد غير اللدنة بالطفلة  
<sup>(4)</sup> .

#### (٣) الانكماش Shrinkage

هو انخفاض الحجم نتيجة التغير فى درجة الحرارة ولكل معدن (طفلة او فلسبار ) معدل  
انكماش خاص به وعليه فإن معدل انكماش قطعة الفخار يختلف من قطعة إلى أخرى <sup>(5)</sup> ، وذكر  
Kenny <sup>(6)</sup> (١٩٥٨) أن الطفلات تتكمش عندما تجف وتتكمش أيضا عند حرقها .

(1) Norton , F. H. ; Refractories , 3<sup>rd</sup> ed . USA, 1949, P. 157.

(2) Henderson , J . ; O P Cit , P . 128 .

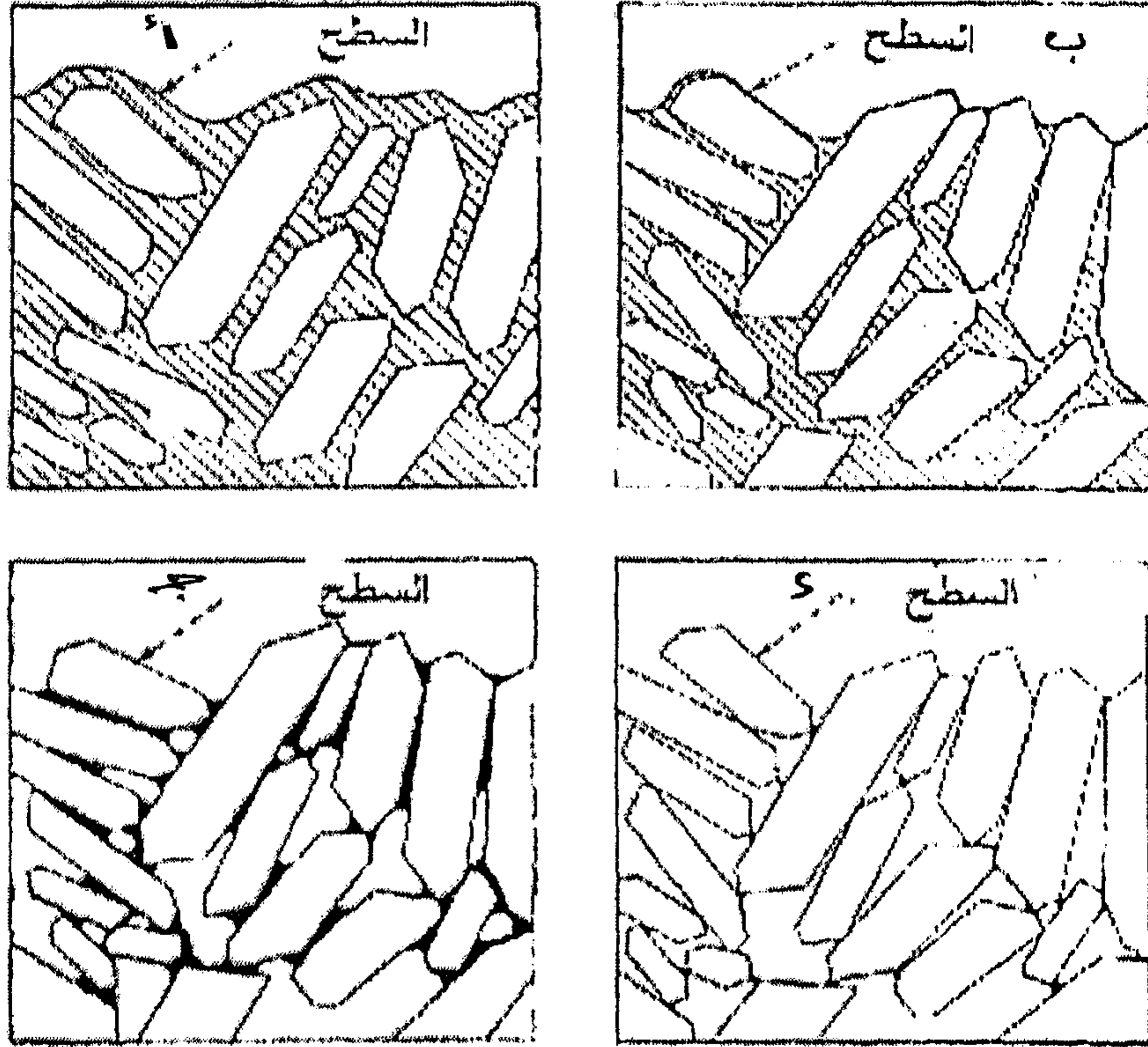
(3) Hamer , F. ; O P Cit , P . 104 .

(4) Henderson , J . ; O P Cit , P . 157 .

(5) Hamer , F . ; Op Cit , P . 74 .

(6) Kenny , J . ; Op Cit P . 154 .





شكل رقم (١)

يوضح مراحل الجفاف المختلفة للطفلة .

(Norton, F. ,1949,P.149)



وذكر Norton <sup>(1)</sup> (١٩٤٩) أن حجم الانكماش هو حجم الماء المفقود أثناء الجفاف حتى الوصول إلى النقطة الحرجة . ومن العوامل المؤثرة في الانكماش التركيب الكيميائي وحجم الحبيبات.

#### (٤) اللون Color

لقد ذكرت Shepard <sup>(2)</sup> (١٩٨٥) أن ألوان الطفلات ترجع إلى وجود مركبات الحديد أو المواد العضوية أو الأكاسيد المختلفة.

#### أ - مركبات الحديد Iron Compounds

تعطي مركبات الحديد المختلفة مثل الهيماتيت والأشكال المائية لأكاسيد الحديد مثل الجيوثيت Goethite والليمونيت Limonite ألوان حمراء وبنية وصفراء وبرتقالية بالإضافة إلى الماجنيتيت Magnetite الذي يعطي اللون الأسود ولا يتوقف تأثير مركبات الحديد على التركيب والكمية ولكن أيضا على حجم الحبيبات والتوزيع .

#### ب - المواد العضوية Organic Materials

يؤدي وجود المواد العضوية بالطفلة إلى ظهورها بلون رمادي أو مائل للون الأسود ويعتمد ذلك على كميتها وطبيعتها .

#### (٥) خاصية الحرق Firing Property

وتعد من أهم الخواص التي تغير من صفات الطفلة حيث أن الطفلة تتصلب بطريقة غير استرجاعية وذلك عند حرقها وقد تم إلقاء الضوء على هذه الخاصية عند الحديث عن عملية الحرق .

#### ٢ - المواد المعدلة Temper Materials

تعتبر المواد المعدلة من المكونات الهامة في البدن حيث أنها تضاف إلى الطفلة وذلك بقصد تحسين خواصها عند الصناعة ، الجفاف ، الحرق ، الاستخدام .

وتسمى أيضا إضافات additives وهي تضاف عمدا وتختلف عما يسمى بالمحتويات أو المشتملات inclusions التي توجد في الطفلة بصورة طبيعية .

(1) Norton , F . H . ; Op. Cit, P.160 .

(2) Shepard , A. O. ; Op. Cit, P . 16 .



## أ – المواد الموجودة بصورة طبيعية بالطفلة " المشتملات " Inclusions

لقد أشار Rice <sup>(1)</sup> (١٩٨٧) إلى أن الطفلات الطبيعية نادرا ما تخرج نقيه وذلك بسبب الترسيبات المعدنية . فالطفلات الأولية عادة ما تشمل على كسر من الصخر الأم أما الطفلات الرسوبية فتحتوى خليط من المعادن من مصادر مختلفة نتيجة عمليات الترسيب وتوجد بأحجام مختلفة فمنها ما هو دقيق fine ومنها ما هو خشن coarse .

### ١ – المشتملات الناعمة والدقيقة Fine Inclusions

وهي تشمل كسر من معادن الطفلة أو مواد غير لدنة ذات أحجام قليلة .

### ٢ – المشتملات الخشنة Coarse Inclusions

وهي مسئولة عن خاصية نسيج البدن texture فالكمية والحجم والشكل هي خصائص تلك الجزئيات في مادة الطفلة أيا كان مصدرها أو تركيبها الكيميائي أو المعدني .

## ب – المواد المضافة عمدا " الإضافات " Addatives

أشارت Nelson <sup>(2)</sup> (١٩٩٩) إلى أنها مادة يتم إدخالها للطفلة بقصد تحسين قابليتها للتشكيل وخفض معدل انكماشها وخفض قابليتها للكسر أثناء الحرق أو تحسين الخصائص بعد الحرق ايضا، وذكر Adams <sup>(3)</sup> (١٩٨٦) أنه يمكن أن تستخدم مادة معدلة واحدة أو أكثر من مادة معا .

أما Hodges <sup>(4)</sup> (١٩٦٤) فأشار إلى أنها مواد مألوفة قد لا تكون لدنة "أي أنها مادة لا تصبح لدنة في الماء" و يمكنها أن تقاوم درجة الحرارة عند حرق القطعة دون أن تعاني أو تتعرض لتغيرات قوية. وقد أوضح Henderson <sup>(5)</sup> (٢٠٠٠) الفرق بين المواد المضافة والمواد الموجودة طبيعيا في الطفلات ويمكن ذلك بتحديد الحجم والشكل " الزوايا " والكمية الموجودة ، وقد استخدم Maggetti <sup>(6)</sup> (١٩٨٢) الحجم كطريقة أو مقياس لمحاولة التمييز بين الإضافات عمدا والوجود الطبيعي أما Bourriau et al <sup>(7)</sup> (٢٠٠٠) فقد أشار إلى العلاقة القوية بين المواد المعدلة والحرق

(1) Rice , P . M . ; OP cit , P . 72 .

(2) Nelson , K . ; O P Cit , P . 71 .

(3) Adams , W . y.; Ceramic Industries of Medieval Nubian, Part, The University Press of Kentucky, 1986, P. 27.

(4) Hodges , H. ;O P Cit, P. 25.

(5) Henderson , J . ;O p Cit , P . 130 .

(6) Maggetti , M .; Phase analysis and its Significance for technology and origin , in: Archaeological Ceramics ,by Olin,J. &Franklin A.D, Washington D.C. Smithsonian Institution press ,1982 PP . 121-134.

(7) Bourriau, J. D., Nicholson, P. T. and Rose, P. R.; Pottery. In: Ancient Egyptian materials and technology Nicholson,P.T, Cambridge press, London,2000, PP.121-147.





ووظيفة المنتج الذي تدخل في تركيبه حيث أنه عندما ترتفع درجة الحرارة بسرعة فإنه ينتج بخار نواتج من رطوبة باقية في الطفلة والذي يجب أن يكون قادرا على الخروج بسرعة مما يؤدي إلى تشوه جدران القطعة .

أما في حالة وجود المواد الخشنة مع الطفلة فإنها تساعد في اتساع مسام البدن وهذا يسمح للبخر بالخروج دون تشويه له وبالتالي فإن المواد الخشنة تكون مناسبة للحرق المفتوح حيث يكون صعب التحكم فيه .

و يسمح هذا النسيج المفتوح بتغلغل أفضل للهواء الساخن مما يساعد في حرق القطعة بشكل أفضل وبطريقة اقتصادية وقد يكون للنسيج خشن الحبيبات دور في الوظيفة وذلك بسبب مقاومتها العالية للصدمة الحرارية وهذا يناسب أدوات الإضاءة حيث يكون لهذا النسيج القدرة على مقاومة التمدد الحراري الذي يؤدي الى حدوث شروخ دقيقة ، اما في النسيج خشن الحبيبات يكون انتشار هذه الشروخ محدود حيث أنه أثناء انتشارها تقابل الفراغات التي نتجت من الحرق وبالتالي تتوقف هذه الشروخ .

أما بالنسبة لطريقة التشكيل فإن العجلة يجب أن تكون عجنتها تتميز بدقة حبيباتها وقد ذكر البعض أن اختيار هذه المواد تتوقف على إمكانية الحصول على هذه المواد وكذلك الدور الذي تقوم به داخل البدن (1) .

ولاستخدام المواد المعدلة عدة مميزات حيث أن مثل هذه المواد تعمل على زيادة مسامية البدن (2) كذلك فإنها تقاوم الصدمة الحرارية thermal shock (3) كما أن هذه المواد تساعد في الجفاف وتحسين بعض الخصائص الميكانيكية (4) .

و تعمل المواد المعدلة على تقليل الانكماش والزوجة واللدونة وتؤثر أيضا في نسيج البدن كما أن الربط بين الطفلة والمواد المعدلة يكون له تأثير مباشر على قوة البدن (5) .

إن هذه المواد المعدلة أو المألثة استخدمت قديما بشكل شائع في أشكال مختلفة بحيث تحقق في النهاية الهدف المرجو منها فقد استخدم الكوارتز ، الكالسيت، مسحوق الفخار ، كسر الصخور

---

(1) Kilikoglou , V. , Vekinis , G., Maniatis , Y . and Day, P. M. ; Mechanical performance of Quartz – tempered Ceramics, part 1, Archaeometry 40.(2) 1998, PP . 261-.279

(2) Peterson , S. ; Op Cit , P . 138 .

(3) Henderson , J .;Op Cit , P . 129 .

(4) Kilikoglou , V.et al ; Op.Cit., p . 261 .

(5) Shepard , A. ; Op Cit P . 25.



مسحوق المحار، الرماد البركاني، الألياف النباتية. وكان هذا يختلف حسب البيئة التي يتم فيها الصناعة وكذلك الوظيفة التي سوف تقوم بها القطعة بعد ذلك .

### ١ - الرمل " الكوارتز " Sand "Quartz"

لقد ذكرت Shepard <sup>(1)</sup> (١٩٨٥) أن حبيبات الكوارتز قد تكون مستديرة وبالتالي قد يكون موجودا بصورة طبيعية في الطفلة أما في الكوارتز ذو الزوايا الحادة فيكون أضيف عمدا وذلك أثناء عملية الطحن والأخيرة تزيد من قوة البدن أكثر من الأولى.

### ٢ - مسحوق الحجر الجيري " الكالسيت " Lime stone Powder "calcite"

يعتبر استخدام الكالسيت قليلا وذلك بسبب المشاكل التي تحدث أثناء التحول الحراري عند التسخين <sup>(2)</sup> إلا أنه يتميز بتحسين الخواص الميكانيكية حيث أن التمدد الحراري له يتشابه مع التمدد الحراري للطفلة كما أن شكل الألواح الذي يتميز به يساعد في وقف انتشار الشروخ لذلك فهو يستخدم في درجات الحرارة المنخفضة <sup>(3)</sup> .

### ٣ - مسحوق الفخار Grog

هي المادة الوحيدة التي تكون على ثقة عندما نقول أنها أضيفت عمدا <sup>(4)</sup> وقد استخدم مسحوق الفخار لتحسين الخواص أثناء الحرق ومنه مسحوق صلب الذي حرق في درجة حراره أعلى من الدرجة التي حرق عندها البدن الجديد وآخر لين وهو الذي حرق في درجة أقل من درجة حرق البدن الجديد <sup>(5)</sup> .

### ثانيا : التزجيج Glaze

لقد عرف Daly <sup>(6)</sup> (١٩٩٥) التزجيج بأنه طبقة رقيقة من الزجاج تستخدم على سطح الخزف وأضاف أيضا أن هناك عدة عوامل تؤثر في التزجيج مثل مصدر المواد المستخدمة والبدن المطبق عليه التزجيج وبالنسبة للحرق فإن نوع الفرن ودرجة حرارته وجو الفرن ومدة الحرق يكون لها تأثير كبير على التزجيج بالإضافة الي طريقة تطبيق التزجيج .

(1) Ibid , P . 22.

(2) Shepard , A.O. ; Op Cit , P . 381 .

(3) Bourriou , J . D . et al ;Op Cit , p . 262 .

(4) Henderson , J . ; Op Cit , P . 130 .

(5) Hamer , J . ;Op Cit , p . 150 .

(6) Daly , G . ;Glazes and glazing techniques , London , 1995 , P . 7.



وأضاف Hamer <sup>(1)</sup> (١٩٨٦) ان طبقة التزجيج تتصهر على بدن الفخار وتزيد من قوة القطعه وذلك بسبب الطبقة بين البدن والتزجيج. ويطبق التزجيج في شكل مسحوق يتكون من المواد المكونة للتزجيج والمواد المصهرة بالاضافه الي مواد مثبته وأثناء الحرق تتصهر هذه المواد معا لتكون التزجيج .

### التمييز بين الزجاج والتزجيج :

لقد ذكر Henderson <sup>(2)</sup> (٢٠٠٠) أن التزجيجات لها نفس خصائص مواد الزجاج وذكر ايضا أن التركيب الكيميائي للتزجيج يؤثر في امتصاص الضوء حيث أن هناك اختلاف واضح بين التزجيجات والزجاج حيث أن التزجيجات صنعت بصفة خاصة لتطبيق على سطح الفخار ، وهذا الاختلاف في الوظيفة من الممكن أن تؤدي إلى مكونات مختلفة .

ورأى Rhodes <sup>(3)</sup> (١٩٩٦) أنه بالرغم من أن تزجيجات الفخار هي زجاج حقيقي إلا أن تركيبه حدث له تعديل من أجل وظيفته وهي لصقه على سطح الفخار، والزجاج يجب أن يكون منخفض اللزوجة أما التزجيج قد يكون أكثر جرياناً عند انصهاره وهذا يسمح له بأن يأخذ موقعه أو مكانه على البدن أثناء الحرق ، وهذا التصلب في تزجيج الفخار ينتج بإضافة الألومنيا إلى الخليط حيث أن الألومنيا لها خاصية زيادة اللزوجة لكنها توجد بكميات قليلة في الزجاج العادي .

أما السليكا فهي تسود في التزجيج مثل أي زجاج مع إضافة مواد أخرى كافية تجعلها تتصهر في درجة منخفضة ، بالإضافة إلى ذلك أن التزجيج يصنع بخلط المواد الخام غير المنصهرة " السليكا " والمكونات الأخرى وتثر المواد الخام على سطح البدن حيث تتصهر على السطح أما الزجاج فيصهر أولاً كحميص ثم ينتهي إلى قطعة والتزجيج قد يعرف على أنه غطاء زجاجي أنصهر في مكانه على البدن ويجعل القطعة ذات سطح أملس وباللون والنسيج المطلوب.

### Glaze constituents

### مكونات التزجيج

لقد أعطت Peterson وكذلك Rhodes تقسيماً جيداً لمكونات التزجيج كما يظهر في الجدول رقم (١) ، حيث أن مجموعة  $RO_2$  هي عبارة عن المادة المكونة للتزجيج وأهمها السليكا المكون الأول في التزجيج أما مجموعة  $R_2O_3$  هي المتحكمة في اللزوجة -viscosity-controlling وأشهرها الألومنيا وهي المسؤولة عن لزوجة التزجيج . أما المجموعة الأخيرة - $RO$   $R_2O$  فتسمى بالمواد المصهرة flux

(1) Hamer , F . ;Op Cit, P. 144 .

(2) Henderson , J. . ;Op. Cit, P.124 .

(3) Rhodes D . ; Op. Cit, P.. 79.



جدول رقم (1) يوضح الأكاسيد المكونة للترجيح (Peterson ,S. 1995, p.312)

| RO-R <sub>2</sub> O | R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | RO <sub>2</sub>  |
|---------------------|--------------------------------|------------------|
| BaO                 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> |
| CaO                 |                                |                  |
| PbO                 | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | SnO <sub>2</sub> |
| Li <sub>2</sub> O   |                                | ZrO <sub>2</sub> |
| MgO                 |                                | TiO <sub>2</sub> |
| K <sub>2</sub> O    |                                |                  |
| Na <sub>2</sub> O   |                                |                  |
| ZnO                 |                                |                  |

وذلك لأن عناصر هذه المجموعة تتفاعل بصورة أساسية كمواد مساعدة على الصهر في الترجيح فهي تقلل درجة انصهار الترجيح وتتحد مع السليكا والمواد المقاومة للحرارة Refractory وتساعد على الانصهار<sup>(1)</sup>. ونظرا لأهمية دراسة الترجيح ومكوناته فتجدر بنا الإشارة إلى تركيب هذه المواد وكذلك كيفية الحصول عليها ومميزات وعيوب كل مادة .

#### ١ - السليكا Silica SiO<sub>2</sub>

تعد السليكا أكثر أكاسيد الترجيح أهمية فهو المادة التي تكون الجسم الأساسي في الترجيح أما باقي المواد فتعتبر مواد معدلة modifiers لخفض درجة الانصهار أو لإضافة بعض الخواص مثل القلوية، الإعتام، البريق، و ٦٠% من القشرة الأرضية تتكون من سليكا<sup>(2)</sup>. و لوجود السليكا في الترجيح تأثيرات مختلفة حيث أنها إذا وجدت بنسبة كبيرة فإنها تعمل على خفض كمية الشروخ وذلك لأنها تتميز بمعامل تمدد متوسط. أما إذا كانت نسبة السليكا كبيرة جدا فإن الترجيح يكون مقاوم للحرارة وقد يكون غير ناضج immature، في حين أنه إذا وجد بنسبة قليلة فإن الترجيح يبدو جافا .

ولزيادة اللزوجة ومعالجة الشروخ يجب إضافة طفلة تزيد من درجة حرارة الانصهار وتقلل نسبة الانصهار و السيولة في الطلاء الزجاجي وتزيد الصلابة والقوة ويمكن الحصول على السليكا من الفلنت ، الكوارتز أو السليكا النقية والسيليكا الطبيعية التي تشمل الطفلات و الفلسبارات<sup>(3)</sup>.

(1) Peterson , S. ; Op Cit , P . 312 .

(2) Rhodes , D . ; Op Cit , P . 88.

(3) Peterson , S. ; Op Cit , P . 3 22 .





وهى مادة حرارية ذات نقطة انصهار مرتفعة وهى مادة متعادلة <sup>(1)</sup>، وقد أضاف Hamer <sup>(2)</sup> (١٩٨٦) أن الألومنيا تلى السليكا فى الأهمية حيث أنها تتحد مع السليكا فى بلورة الطفلة ووجود الألومنيا يسبب إمتداد البلورة وأضاف أيضا أن الألومنيا أكسيد وسيط يربط الأكاسيد القلوية والحمضية فى التزجيجات الثابتة ، وكل التزجيجات تحتوى ما بين ٥-١٥% من الألومنيا .

وجود الألومنيا يضيف صلابة ودوام وقوة شد للتزجيج بسبب إرتفاع نقطة الانصهار فهى تؤدى إلى الإعتماد والانطفاء إذا استخدمت بكمية أكبر من الكمية الحرجة وذلك اعتمادا على تركيب التزجيج ودرجة الحرق كما أنها تمنع إعادة التبلور أثناء تبريد التزجيج فبدونها تكون عديد من التزجيجات ذات سطح خشن هذا بالإضافة إلى أنها تمنع التزجيج المنصهر من الجريان فوق الجدران الرأسية للأنية ويمكن الحصول على الألومنيا من الفلسبارات مثل الاورثوكليز والميكروكلين والالبيت والأنورثيت وكذلك الكريوليت Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> هذا بالإضافة إلى الطفلة <sup>(3)</sup> .

### ٣ - مساعدات الصهر Fluxes

هى تلك المواد أو الأكاسيد التى تحسن من انصهار الخزف وذلك بتفاعلها مع الأكاسيد الأخرى . وهذه الأكاسيد التى تتفاعل عادة ما تكون قلوية وذلك لأنها تتفاعل مع السليكا .

ولا تتفاعل المواد المصهرة بطريقة واحدة ولكن لكل مادة خصائص مميزة. فنجد أن بعض هذه المواد يكون فعال عند درجات الحرارة المنخفضة ويتطاير عند درجات الحرارة المرتفعة مثل اكسيد الصوديوم وأكسيد الرصاص . ومن ناحية أخرى فإن بعض المواد المصهرة لا يبدأ تأثيره قبل الوصول إلى درجة حرارة مرتفعة مثل اكسيد الكالسيوم وأكسيد الماغنسيوم بينما البعض الآخر لا يتفاعل إلا فى وجود مواد مصهرة أخرى من خلال تفاعلها معا <sup>(4)</sup> وتم الإشارة إلى هذه الاختلافات تحت كل أكسيد . أنظر شكل (٢).

وقد ذكر Grim <sup>(5)</sup> (١٩٦٢) أن المواد المساعدة على الصهر تكون أكثر تأثيرا إذا وجدت داخل تركيب الطفلة عما إذا أضيفت بعد ذلك كذلك فإن لحجم الجزيئات دورا فى تأثير المواد المساعدة على الصهر .

(1) Ibid, P . 3 22.

(2) Hamer , F . ;Op Cit p . 6.

(3) Rhodes , D . ;Op Cit P. 88 .

(4) Hamer , F . ; Op Cit , P . 132-133 .

(5) Grim , R . ;Op. Cit P . 124 .



وقد قسمت Peterson <sup>(1)</sup> (١٩٩٥) هذه المواد إلى ثلاثة أقسام :

- ١ - أكاسيد صهر معدنية وتشمل أكسيد الرصاص والزنك .
- ٢ - أكاسيد صهر قلوية وتشمل أكسيد الصوديوم والبوتاسيوم والليثيوم .
- ٣ - أكاسيد قلوية أرضية وتشمل أكسيد الكالسيوم والماغنسيوم والباريوم .

#### ١ - أكسيد الرصاص Lead Oxide PbO

وهو من أكثر الأكاسيد أهمية في التزجيج ويبدأ تأثيره كمادة مصهرة عند ٥٠٠ °م ويستخدم حتى ١١٠٠ °م حيث يبدأ في التطاير ويتميز استخدام أكسيد الرصاص كمادة مصهرة في التزجيج بعدة مميزات منها أن له درجة انصهار منخفضة جدا حيث ينصهر بسهولة عند ٨٠٠ °م ، كذلك له تأثير جيد مع كل الأكاسيد الملونة ، ويمكن أن يستخدم ليعطي ألوان عميقة ولامعة أيضا يعطي تزجيجات شفافة ، معتمة ، براق ومطفية أو ذات نسيج معين وذلك باختلاف التركيب وإضافة مواد معتمة مناسبة .

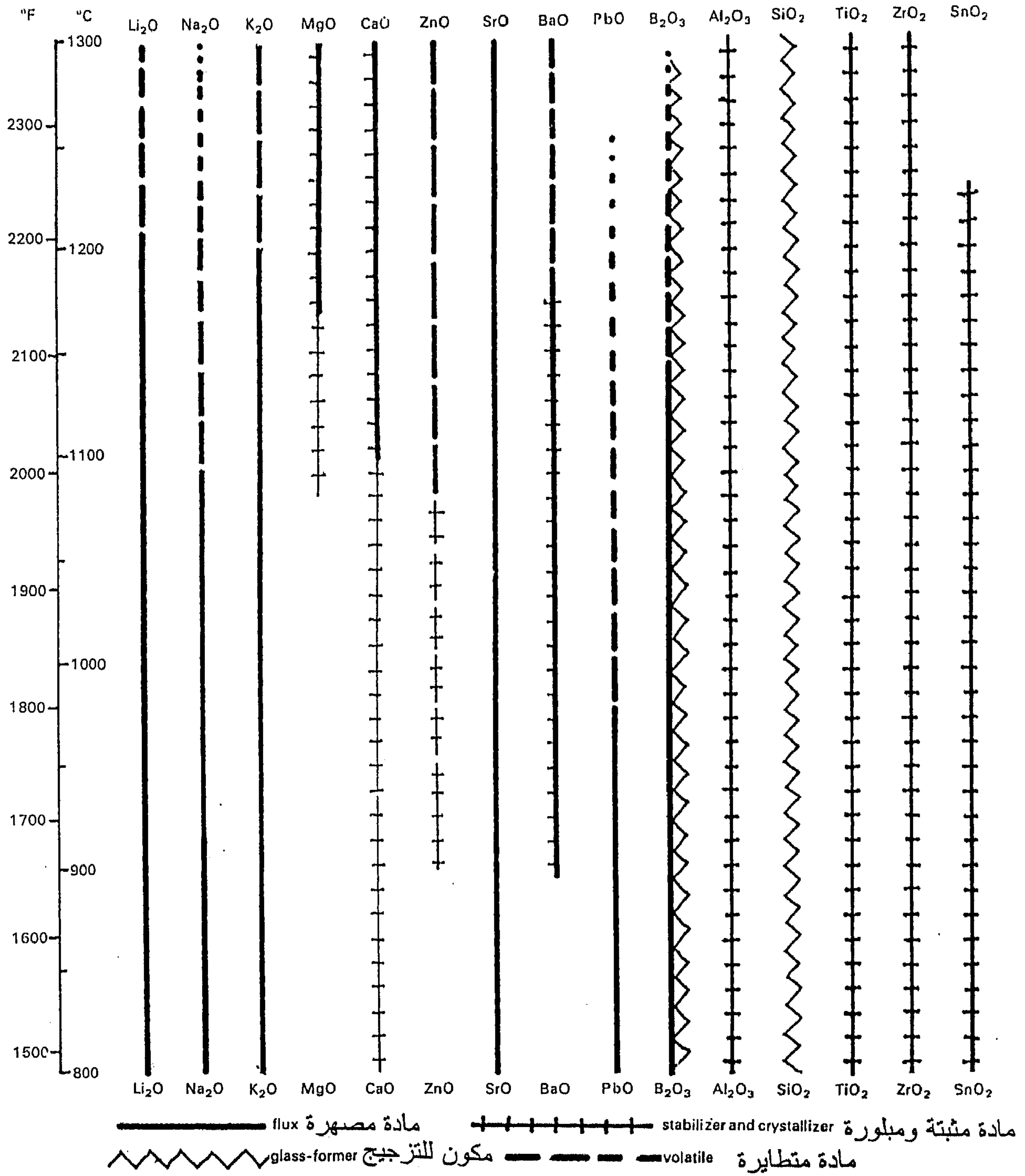
ويميل إلى إعطاء تزجيج أملس ولامع وخال من العيوب كذلك له معامل تمدد منخفض مما يجعل تزجيجات الرصاص تناسب كل الأبدان الفخارية بدون حدوث تشرخ <sup>(2)</sup> ويزيد من قدرة التزجيج على التمدد stretching ومن ناحية أخرى فإنه يقلل لزوجة التزجيج ويتحد بسهولة مع الأكاسيد الأخرى المكونة للتزجيج. ولكن به بعض العيوب وهي أن الرصاص الخام سام جدا ولا يجب استخدامه في أواني الطعام والشراب كما أنه أكسيد متطاير خاصة عند درجات الحرارة المرتفعة بالإضافة إلى أنه عند درجة حرارة مرتفعة جدا فإنه يعطي تأثير معتم كما أن التزجيجات التي بها كمية كبيرة منه تعطي لون مائل للاصفرار yellowish كذلك فإن هذا التزجيج سهل الكشط والتآكل كما أن الرصاص سهل الاختزال معطيا لونا رماديا يكون من الصعب إعادة أكسنته <sup>(3)</sup> .

(1) Peterson , S .; Op. Cit p.175 .

(2) Rhodes ,D .;Op. Cit P . 90 .

(3) Peterson S .;Op. Cit ,P . 319 .





شكل رقم (٢) يوضح تأثير الأكاسيد المختلفة داخل التزجيج (Hamer, F., 1986, p.337)



ولهذه العيوب فقد تم استخدام الرصاص فى صورة حميص (فرت) نظرا لمميزات الحميص العديدة حيث أنه يكون أسهل فى عمل معلق يلتصق بسهولة بالقطعه عند الحرق كما أن انصهاره يبدأ مبكرا هذا إلى جانب أنه يكون أقل تطائرا أثناء الحرق وكذلك فإن استخدام الحميص (الفرت) يؤكد أن الانصهار متجانس وفى النهاية يكون الحميص عديم السمية (1) .

وأهم مصادر أكسيد الرصاص هى :

#### ١ - حميص (فرت) الرصاص "غير ذائب" **Fritted Lead "insoluble"**

وهى عادة سيليكات رصاص حيث حميص (فرت) السليكا والرصاص، ونجد أن نسبة السليكا والرصاص هى ٨٤% رصاص ، ١٦% سليكا ويكون سائل عند درجة ٧٣٠ °م .  
ونوع آخر هو ثنائى السيليكات تكون نسبة الرصاص ٦٥% والسليكا ٣٣% و ٢% ألومنيا و ينصهر الحميص عند ٩٠٠ °م .

#### ٢ - مكونات رصاص ذائبة **Lead compounds "Soluble"**

##### أ - الليثارج **Litharge PbO**

يعتبر اختزاله أكثر سهولة ولكنه غير مناسب للاستخدام فى التزجيجات عديمة اللون .

##### ب - الرصاص الأحمر **Red Lead Pb<sub>3</sub>C<sub>4</sub>**

وهو جيد لعمل الحميص لارتفاع محتواه من الأكسجين والتي تجعل الاختزال أقل .

##### ج - كربونات الرصاص **Lead Carbonate (2Pb CO<sub>3</sub> . Pb(OH)<sub>2</sub>)**

ويسمى أبيض الرصاص وهو الأكثر شيوعا فى الاستخدام (2) .

##### (ب) - أكسيد الزنك **Zinc Oxide ZnO**

أشار Rhodes (3) (١٩٩٦) إلى أنه مادة صهر مفيدة جدا عند درجات الحرارة المتوسطة والمرتفعة ويستخدم بكميات قليلة . وأضافت Peterson (4) (١٩٩٥) أنه أقل نشاطا من أكسيد الرصاص وكمية ٣-٤% تكون فى نفس نشاط أكسيد الرصاص بينما الكمية الكبيرة والزائدة سوف تجعله حرارى أو مقاوم للانصهار ولزج جدا بينما ذكر Hamilton (5) (١٩٧٨) أن الزنك

(1) Hamer F . ; Op. Cit P. 174 .

(2) Peterson , S . ;Op. Cit P. 319 .

(3) Rhodes , D . ;Op. Cit P . 93 .

(4) Peterson , S . ,Op. Cit P. 319 .

(5) Hamilton , D . ; Architectural ceramics , Thames and Hudson , London , 1978 , P . 161.





يستخدم لإنتاج تـزجيجات مطفية حيث أن الزنك يتبلور عند التبريد ولكن الزيادة منه تؤدي إلى حدوث عيوب بطبقة التـزجيج تسمى تجمع التـزجيج Crawling .

ويعمل أكسيد الزنك أيضا على زيادة مرونة التـزجيج ويعالج بعض الشروخ لمدى معين حيث أن له أقل معامل تمدد للأكاسيد القلوية كما أنه يزيد من قوة ودوام التـزجيج وكذلك مقاومته للهجوم بالمحاليل ويميل إلى أن يكون تـزجيجات معتمة ولكنه ليس كالمصدير كما أن التـزجيج المشبع بأكسيد الزنك يعطى سطحا متبلورا. ويمكن الحصول عليه من أكسيد الزنك أو سيليكات الزنك (1) .

### (جـ) أكسيد الصوديوم Sodium Oxide $\text{Na}_2\text{O}$

هو مادة صهر قوية عند درجات الحرارة المختلفة ولكنه يستخدم في صورة حميص حيث أنه ذائب (2)، و هو فعال كيميائيا جدا عند درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة ويعطى بريقا وقوة للون (3). وأكسيد الصوديوم مادة مساعدة على الصهر بنشاط كذلك فإنه يزيد من أنسياب أو سيلان الطلاء الزجاجي كذلك فإن له تأثير كبير في تطور اللون وذلك حسب أكسيد اللون المستخدم معه (4)، كما أن تـزجيجاته تكون لينة وعرضه للتشـرخ (5) أيضا في التـزجيج الذي يدخل أكسيد الصوديوم في تركيبه يتعرض للتلف والتدهور بسهولة (6) .

ويمكن الحصول على أكسيد الصوديوم من المصادر الآتية :

#### أ- المصدر غير الذائب Insoluble Source

الفلسبارات خاصة فلسبارات الصوديوم، الحميص، الكريوليت  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  والرماد البركاني

#### ب- المصدر الذائب Soluble Source

يستخدم لعمل حميص فقط في التـزجيجات القلوية .

- كربونات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ويشتهر تسميتها برماد الصودا.

- نترات الصودا  $\text{NaNO}_3$  ويسمى soda niter وهو عامل مؤكسد جيد.

(1) Peterson , S . ; O P Cit P . 320 .

(2) Hamilton , D.; Op. Cit., p.161 .

(3) Rhodes , D. ;Op. Cit., P. 89 .

(4) Peterson , S . ;O P Cit P. 320.

(5)Hamilton , D. ; Op. Cit., p.161

(6)Rhodes , D. ; Op. Cit., P. 89



- البوراكس  $[Na_2O-2B_2O_3 \cdot 10H_2O]$  وهو مادة مصهرة جيدة ومذيب لكل مواد التزجيج<sup>(١)</sup>

#### (د) أكسيد البوتاسيوم Potassium oxide $K_2O$

لقد ذكر Rhodes<sup>(٢)</sup> (١٩٩٦) أن هذا الأكسيد يتشابه في تأثيره مع أكسيد الصوديوم وهو مفيد في كل درجات الحرارة . فالبوتاسيوم له نفس مميزات وعيوب الصوديوم، لكن معامل تمدد البوتاسيوم أقل من معامل تمدد الصوديوم .

#### المصدر غير الذائب Insoluble Source

- الفلسبارات البوتاسية و الحميص .

#### المصدر الذائب Soluble source

كربونات البوتاسيوم  $K_2CO_3$  ويمكن أن تستخدم في الحميص أو التزجيجات الخام .  
- نترات البوتاسيوم  $KNO_3$  وهي عامل مؤكسد قوى يمكن أن يستخدم أيضا في عمل الحميص أو التزجيج الخام<sup>(٣)</sup> .

#### (هـ) أكسيد الكالسيوم Calcium oxide $CaO$

تعد إضافة أكسيد الكالسيوم لمكونات التزجيج بصفة أساسية بقصد التبييض ولكن إضافة أى من مركبات الكالسيوم إلى مكونات التزجيج تعطى لمعان وانصهار للتزجيج وكذلك يقلل الميل إلى التشرخ .

وتعتبر أفضل طريقة لاستخدام أكسيد الكالسيوم هو أن يخلط مع الصوديوم أو البوتاسيوم من أن يستخدم أكسيد الكالسيوم منفردا<sup>(٤)</sup> . ولاستخدام أكسيد الكالسيوم عدة مميزات حيث يساهم في زيادة صلابة ودوام التزجيج الناتج ، كذلك عند استخدامه في التزجيجات منخفضة الحرق بنسبة كبيرة مع أكسيد الرصاص أو أكسيد الصوديوم يجعل هذه التزجيجات أكثر صلابة وغير قابلة للذوبان ، أيضا تعطى سطحا ذو إعتام ضعيف<sup>(٥)</sup> ، كذلك فإنه يستخدم مع كل التزجيجات ويتحد مع المواد الأخرى ويخفض معامل التمدد<sup>(٦)</sup> . ولكن من عيوبه أنه عند استخدام كمية كبيرة منه فإنه

(١) Peterson, S. ; Op .Cit. P. 320 .

(٢) Rhodes , D . ; Op. Cit P . 89.

(٣) Peterson , S . ; Op. Cit P . 320 .

(٤) Grimshaw , R. W. ;Op. Cit P . 346 .

(٥) Rhodes , D . ; Op. Cit . P .320-321 .

(٦) Peterson , S. ;Op. Cit . P . 92 .



يعطى أسطحاً معتمّة ومطفية وخشنة وهذا لأنها مادة حرارية refractory <sup>(1)</sup> . ويمكن الحصول عليه من الكالسيت  $\text{CaCO}_3$  ، الفلوريت  $\text{Ca F}_2$  ، الدولوميت  $\text{CaCO}_3$  ،  $\text{MgCO}_3$  ، رماد العظم Bone ash  $\{\text{Ca}(\text{PO}_4)_2\}$  والولاستونيت  $\text{CaSiO}_3$  Wollastonite <sup>(2)</sup> .

### (و) أكسيد الماغنسيوم Magnesium oxide MgO

ذكر Rhodes <sup>(3)</sup> (١٩٩٦) أن أكسيد الماغنسيوم مادة مصهرة عند درجات الحرارة المرتفعة فهي مادة مقاومة للحرارة لذلك فهي لا تستخدم في التزجيجات المنخفضة في درجة حرقتها إلا لإعطاء إعطاء فقط .

ويعمل أكسيد الماغنسيوم على إعطاء سطح أملس خاصة في حالة الحرق في درجة حراره مرتفعة وجو مختزل فإن التزجيج يكون معتم والزيادة في نسبة أكسيد الماغنسيوم تسبب جفاف التزجيج مؤدياً لظهور بعض العيوب مثل تجمع التزجيج والفقااعات الهوائية أما في درجات الحرارة المنخفضة تعمل كمادة حرارية وتقلل معامل التمدد أكثر من أي مادة قلوية أخرى .

ويمكن الحصول على أكسيد الماغنسيوم من كربونات الماغنسيوم  $\text{MgCO}_3$  ، الدولوميت  $\text{CaCO}_3$  ،  $\text{MgCO}_3$  ، الأستياتيت  $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  Steatite <sup>(4)</sup> .

### معامل التمدد الحراري Thermal expansion factor of glaze materials

ذكر Hamilton <sup>(5)</sup> (١٩٧٨) أن بعض التزجيجات التي تحتوي على نسب كبيرة من المواد ذات معامل التمدد المرتفع تميل إلى التشرخ أما تلك التزجيجات المحتوية على مواد ذات معامل تمدد منخفض فتتميل إلى التقشر؛ ونجد أن الترتيب التنازلي لمعامل تمدد بعض الأكاسيد هو  $(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Pb}, \text{Zn}, \text{Cu}, \text{Mg}, \text{Sn}, \text{Al})$  حيث أن أكسيد الصوديوم اعلي الأكاسيد في معامل تمدده بينما أكسيد الألومنيوم أقل هذه الأكاسيد.

(1) Rhodes , D . ;Op. Cit . P .320-321 .

(2) Peterson , S.; Op. Cit . P . 92 .

(3) Rhodes , D .; Op. Cit P . 93 .

(4) Peterson , S .;Op. Cit. P. 321.

(5) Hamilton , D . ;Op. Cit. P. 150.



## المواد الملونة فى التزجيج Colourant Materials in glaze

ذكر Rhodes <sup>(1)</sup> (١٩٩٦) أن مصادر اللون فى التزجيج يمكن أن ينتج من لون الطفلة أو البطانة " اللون الموجود أسفل التزجيج فى التزجيجات الشفافة " وقد تلون التزجيجات بأكاسيد معدنية تذوب فى التزجيج وهذا هو أكثر الأنواع شيوعا بالإضافة إلى ما هو موجود فوق التزجيج من الميناء و البريق المعدنى .

وقد ذكر Grimshaw <sup>(2)</sup> (١٩٧١) العوامل المؤثرة فى لون التزجيج غير الأكاسيد الملونة وهى كمية مادة التلوين وتفاعلها مع المكونات الأخرى للبدن أو التزجيج ، وكذلك حجم الجزيئات وحالة المواد الملونة حيث يؤثر ذلك على معدل التفاعل مع البدن بالإضافة الى عملية الحرق وتتمثل فى درجة الحرارة ومدة الحرق وجو الفرن أثناء الحرق فالجو المختزل يعطى ألوان تميل إلى البنى ، الرمادى فى القطع المحتوية على اكاسيد الحديد .

### ١ - أكاسيد الحديد Iron oxides

أشار Kenny <sup>(3)</sup> (١٩٥٨) إلى أنه مادة ملونة جيدة وعادة ما يوجد فى الطفلة ويعطى درجات اللون الأحمر فى الطفلات الأصلية وتعتبر أكاسيد الحديد أكثر الأكاسيد الملونة أهمية حيث أنه يوجد فى معظم المواد الأرضية وينتج عنه ألوان البنى ، الأحمر ، الأصفر والرمادى .

كذلك فإنه فى حالة التزجيج الشفاف إذا ما كان البدن يحتوى على أكسيد حديد فإنه يعطى ألوان البنى والبنى المائل إلى الأحمر أو الأصفر وهذا الاختلاف فى اللون يرجع إلى كمية أكسيد الحديد فى الطفلة ونوع التزجيج ودرجة حرارة وجو الفرن . وترجع إمكانية الحصول من أكسيد الحديد على ألوان مختلفة للتزجيج إلى سهولة نوبانه فى التزجيج وكذلك حساسيته للتغير فى تركيب التزجيج وكذلك حساسيته للتأثر بجو الفرن .

كما أن استخدام نسبة ١% من أكسيد الحديد يعطى لون فاتح ، ٣% تعطى لون متوسط ، ٤% تعطى لون قوى أما أكثر من ٧% فتعطى لون بنى أو قاتم أو أسود <sup>(4)</sup> . وأضاف Molera et al <sup>(5)</sup> (١٩٩٧) أن اللون الأخضر فى تزجيجات الرصاص يرجع إلى وجود  $\text{Cu}^{2+}$  أو  $\text{Fe}^{2+}$  فى

(1) Rhodes D . ; Op. Cit., P. 205 .

(2)Grimshaw R. W. ;Op. Cit., P . 353 .

(3)Kenny J. ;Op. Cit., P . 192 .

(4)Rhodes , D . ;Op. Cit., P . 206.

(5)Molera, J., Vendrell-Saz, M., GarciA-Valles, M. and Pradell, T.; Technology and color development of Hispano-Moresque Lead glazes Pottery, Archaeometry (39),1,1997,PP23-39





الترجيح . أما الألوان من الأصفر إلى البنى فتعود إلى  $Fe^{3+}$  والتغير في اللون يرجع إلى درجة أكسدة الحديد الذى يحتويه الترجيج .

## ٢ - أكاسيد النحاس Copper Oxides

ذكر Rhodes <sup>(1)</sup> (١٩٩٦) أن أكاسيد النحاس استخدمت لإنتاج ألوان زرقاء وخضراء فى الترجيجات وقد استخدم مع الترجيجات القلوية لتعطى لون أزرق . وتعتبر كربونات النحاس  $CuCO_3$  هى أكثر المصادر لأكسيد النحاس وهو مسحوق دقيق الحبيبات ذو لون أخضر فاتح وقد استخدم أكسيد النحاس الأسود فى بعض الأحيان ولكنه ذو حبيبات أكثر خشونة ، أكسيد النحاس مرتفع الذوبان فى الترجيج ويختلط مع الترجيج المنصهر أثناء الحرق حتى لو لم يكن مسحوقا جيدا فى خامة الترجيج ، وأكسيد النحاس مثل الحديد عامل صهر قوى وإضافته تجعل الترجيج أكثر سيولة وبريقا.

أما Grim Shaw <sup>(2)</sup> (١٩٧١) ذكر أن وجود أملاح النحاس تعطى لون أخضر جميل ذو درجة زرقاء - خضراء (تركوازي) وتختلف درجة اللون حسب ظروف الحرق " جو الفرن " ، فى الترجيجات القلوية فإن النحاس يعطى لون تركوازي شفاف ، أما فى الظروف الحامضية فيعطى اللون الأخضر .

وذكر Hedges <sup>(3)</sup> (١٩٨٣) أن النحاس بكميات مختلفة يعطى درجات مختلفة من اللون الأخضر ، ووجود الحديد يحسن اللون الأخضر ، وأوضح Hamer <sup>(4)</sup> (١٩٨٦) بعض نسب أكسيد النحاس المستخدمة فى الترجيج

٢% أكسيد نحاس + جو مؤكسد ← لون أخضر قوى

٥% أكسيد نحاس + جو مؤكسد ← سطح ذو لون أسود معدنى

أما Kenny <sup>(5)</sup> (١٩٥٨) فذكر أن نسبة ١-٦% من النحاس سوف تعطى ظلال مختلفة. وفى الترجيج القلوى ، ومع محتوى مرتفع من الصودا أو منخفض من الألومنيا بدون رصاص أو زنك فإن النحاس سوف يعطى لون تركوازي جميل . وفى الجو المختزل فإن الأكسيد الأسود يختزل إلى أكسيد منخفض يكون أحمر. وإذا زادت نسبة النحاس عن ٦% فإنه يحدث تشوه Flow.

(1) Rhodes , D . ;Op. Cit., P. 206.

(2)Grim Shaw , R . M . ;Op. Cit., P . 353 .

(3) Hedges, R . E. M. & Kaczmarczy, K.; Ancient Egyptian Faience, England, 1983, P.148

(4)Hammer , F. ; Op. Cit., P . 75 .

(6) Kenny , J .;Op. Cit., P . 192 .



### ٣ - أكسيد التيتانيوم Titanium Oxide $TiO_2$

وقد ذكرت Peterson <sup>(1)</sup> (١٩٩٥) أنه مادة معتمدة قوية فأكسيد التيتانيوم النقي يعطى أفضل بياض من كل المواد المعتمدة .

ويعطى التيتانيوم لون بنى للترجيح ولونه يكون ضعيف وذلك بسبب قلة كمية الحديد الموجودة ويستخدم بنسبة ٣-٥% <sup>(2)</sup> ويمكن الحصول عليه من الروتيل  $TiO_2$ ، المعادن المحتوية على التيتانيوم <sup>(3)</sup> .

### ٤ - أكاسيد النيكل Nickel Oxides

إن الأشكال الشائعة الاستخدام للنيكل فى الترجيحات هى أكسيد النيكل الأخضر  $NiO$  أو أكسيد النيكل الأسود  $Ni_2O_3$  ويعطى ألوان متعددة ولكن يتميز باللون البنى كما إن إضافة نسبة صغيرة من النيكل أقل من ١% تؤدي الى اعطاء لون رمادى وإذا زادت الكمية إلى ٢% فقد يظهر اللون البنى <sup>(4)</sup> ، وذكر Kenny <sup>(5)</sup> (١٩٥٨) أن النيكل لا يستخدم فى درجات الحرارة المنخفضة. ويوضح الجدول رقم (٢) بعض الأكاسيد المستخدمة للحصول على درجات لونه مختلفة بالترجيح وظروف الحرق المناسبة.

### ٥ - الترجيح المعتم Opaque glaze

لقد اعتمد الترجيح المعتم على استخدام أكسيد القصدير الذي يعمل كعامل إعتماد ممتاز حيث يتميز بارتفاع قيمة انعكاسه للضوء وصغر حجم جزئياته وعدم انتظام سطحه . بالإضافة إلى ذلك فإن الكوارتز غير الذائب ومشتقات الفلسبار والسيليكات المتبلورة مثل الولاستونيت والدايوسيد هى عوامل إعتماد ضعيفة <sup>(6)</sup> .

(1) Peterson , S.;Op. Cit . P . 323 .

(2) Rhodes, D ; Op. Cit , P . 211 .

(3) Peterson , S. ;Op. Cit . P . 323 .

(4) Rhodes, D . ;Op. Cit , P . 211 .

(5) Kenny , J . ;Op. Cit . P . 193 .

(6) Mason , R . B and Tite , M. S. ;The beginnings of Tin-Opacification of pottery glazes, Archaeometry , 39 (1 ) 1997 PP . 41-58.



تختلف الطرق التي يمكن من خلالها تقسيم التزجيجات المختلفة فقد أورد Hodges<sup>(1)</sup> (١٩٦٤) عدة تقسيمات حسب درجة حرارة التسوية أو حسب المحتويات والمواد المعدلة "المضافة" أو بواسطة التأثيرات البصرية الناتجة بالاضافة الي الرجوع إلى القطع التي ستطبق عليها التزجيجات. ويعد التقسيم الثاني هو أكثر التقسيمات شيوعا وانتشارا حيث يتم التقسيم حسب المحتويات والمواد المعدلة أو المواد المصهرة بصفة خاصة وهي كما يلي :-

## Lead glazes

## ١ - تزجيجات الرصاص

هذا النوع من التزجيجات هو النوع الأكثر شيوعا في صناعة تزجيج المسارج الخزفية وقد تبين ذلك من تحليل بعض عينات تم الحصول عليها من الفسطاط ، حيث أوضحت نتائج التحليل استخدام الرصاص بكمية كبيرة في التزجيج لهذا النوع من الخزف وسوف يتم الإشارة إلى ذلك لاحقا في الفصل الخاص بالتحاليل والفحوص . وقد ذكر Kenny<sup>(2)</sup> (١٩٥٨) أن الرصاص هو أكثر المواد المصهرة انتشارا في التزجيجات منخفضة الحرق حيث يتم الحصول عليه إما من أحمر الرصاص  $Pb_3O_4$  أو أبيض الرصاص  $(2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2)$  .

وكذلك أورد AlHassan & Hill<sup>(3)</sup> (١٩٨٦) أن سائل أو مخلوط التزجيج يتم تطبيقه على بدن الفخار المحروق إما بالتغطيس أو أى طريقة أخرى ، والقطعة التي يتم تغطيتها يتم إعادة حرقها بالفرن . وقد اضاف Rhodes<sup>(4)</sup> (١٩٩٦) بعض مميزات استخدام الرصاص في التزجيج حيث أن تزجيجات الرصاص تكون مفيدة في حالة درجات الحرارة المنخفضة وتتميز بانخفاض تكلفتها ، وتوفير الوقود والوقت حيث يمكن تحضيرها مباشرة من خليط من السليكا ومكونات الرصاص .

كذلك فإن هذه التزجيجات تتميز بسهولة تصنيعها وتطبيقها كما أنها تتميز بخصائص بلل أفضل وبناء على ذلك فإن خطر الزحف Crawling يكون أقل ، هذا إلى جانب سهولة التحكم فيها

(1) Hodge S, H . ;Op. Cit P .48 .

(2) Kenny , J . ;Op. Cit P . 181 .

(3) Al-Hassan, A.&Hill,D.;Islamic TechnologyAn illustrated History, Unesco, 1986, P186.

(4) Rhodes , D .;Op. Cit P . 82 .



جدول رقم (٢) يوضح ألوان التزجيج الناتجة في ظل وجود الأكاسيد الملونة المختلفة

| اللون                  | الأكسيد                 | النسبة    | درجة الحرارة | جو الفرن | ملاحظات           |
|------------------------|-------------------------|-----------|--------------|----------|-------------------|
| الأخضر                 | أكسيد نحاس              | ١-٥%      | أى درجة      | مؤكسد    |                   |
| أخضر رمادى             | أكسيد حديد              | ١-٤%      | أى درجة      | مختزل    |                   |
| أخضر                   | حديد & نحاس             | -         | -            | جو مؤكسد |                   |
| أخضر                   | حديد                    | -         | -            | جو مختزل |                   |
| أخضر باهت              | أكسيد حديدك             | -         | -            | إختزال   | فى تزجيجات الرصاص |
| الأزرق                 | أكسيد نحاس + Rutile     | ٤%        | درجة مرتفعة  | جو مؤكسد |                   |
| أزرق                   | أكسيد نحاسيك            | -         | -            | -        | فى تزجيجات الرصاص |
| تركوازى                | أكسيد نحاسيك + كوبالت   | ١ + ٥, ٢% | -            | -        |                   |
| تركوازى                | نحاس + أكسيد فلويد      | -         | -            | -        |                   |
| الأصفر                 | حديد                    | -         | -            | جو مؤكسد | تزجيجات الرصاص    |
| أصفر فاتح              | أكسيد الانتيمون + الزنك | -         | -            | -        |                   |
| أصفر داكن              | أكسيد انتيمون + حديد    | -         | -            | -        |                   |
| أصفر برتقالى           | أكسيد الحديدك           | -         | -            | أكسدة    | تزجيجات الرصاص    |
| الأحمر                 | أكسيد حديد              | ٢-٥%      | منخفضة       | مؤكسد    |                   |
| أحمر عميق (مائل البنى) | أكسيد النحاس            | -         | -            | مختزل    |                   |
| أرجوانى                | ثانى أكسيد منجنيز       | ٤-٦%      | أى درجة      | مؤكسد    |                   |
| البنى                  | أكسيد حديد              | ٣-٧%      | أى درجة      | مؤكسد    |                   |
| البنى                  | ثانى أكسيد المنجنيز     | ٥%        | أى درجة      | كلاهما   |                   |
| البنى                  | الروتيل                 | ٥%        | أى درجة      | مختزل    |                   |
| أحمر طماطى             | أكسيد الكروم            | ٢-٥%      | درجة منخفضة  | كلاهما   | وجود ZnO و MgO    |
| (رمادى)                | أكسيد نيكل + ZnO        | ٢-٤%      | أى درجة      | كلاهما   |                   |





وسهولة تكوينها كما أنها تعطى تزيجات براقه ولامعة ومطفية . كذلك تتميز بانخفاض معامل التمدد الحرارى ( $5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ) ومثل هذه التزيجات غير حساسة للتشريح Crazeing<sup>(1)</sup> .

## Alkaline glazes

## ٢ - التزيجات القلوية

هى تلك التزيجات التى تحتوى نسبة كبيرة من القلويات وهى ما تزال تحتوى على الأكاسيد الحامضية التى تكون التزيج ولكنها تكون ذات كميات قليلة<sup>(2)</sup> .

أما بالنسبة للألوان التى ينتجها هذا النوع من التزيج فقد ذكر Rhodes<sup>(3)</sup> (١٩٩٦) أن وجود أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم فى التزيج تنتج الألوان المتألقة ذات ألوان قوية وذلك نتيجة إضافة أكاسيد ملونة مختلفة حيث أن أكسيد النحاس يعطى درجات من الأزرق المصرى المشهور الذى ظهر فى الفينانس المصرى القديم فهو تزيج قلوي ملون بالنحاس<sup>(4)</sup> .

واللون الأزرق المصرى عبارة عن مادة صناعية تتكون من عدة مكونات منها السليكا والنحاس والكالسيوم وقد صنعت من خلال تسخينها معا . حيث يسخن كل من الكالسييت و الملاييت والكوارتز عند درجة ٧٤٢ °م وذلك بإضافة قلوي مثل ملح النطرون .



وتتميز التزيجات القلوية بأنها لينه وتنشقق على معظم أبدان الطفلة هذا إلى جانب تميزها بأنها تسيل Running وميلها إلى التشريح وذلك لأن الصودا والبوتاسا تتميز بارتفاع معدل التمدد والانكماش<sup>(5)</sup> .

## ٣ - تزيجات الرماد Ash glazes

وهو نوع مبكر من التزيج تكون بالرماد الناتج عن الحرق داخل الفرن ويغطى القطعة ويتكون على السطح ، وقد يطبق الرماد فى صورة مسحوق على سطح الآنية قبل الحرق مما يؤدي إلى إنتاج طبقة تزيج دقيقة . ولقد استخدم الخشب و النباتات فى التزيج قديما حيث أنها تعطى جودة للتزيج التى يكون من الصعب الحصول عليها من مواد أخرى وقد ظهر هذا النوع من

(1) Tite , M. S. , Free stone , Mason , R. , Molera, J . Vendrell- Saz , M. , and Wood , N.; Review article Lead glazes in Antiquity- Methods of production and reasons for use , Archaeometry , 40(2) 1998, PP.241-260 .

(2) Hamer , F .; Op., Cit P . 5 .

(3) Rhode , S D. ; Op., cit , 130 .

(4) Lorna , L and Quirke , S .; Painting materials in Ancient Egyptian Materials and technology by Nicholson, p . and Shaw , I . Cambridge University Press, 2000 ,P . 109 .

(5) Hamer , F. ; Op. Cit., P . 5 .



الترجيح عندما اكتشفه الصينيون في افران الحرق بالخشب حيث أنه حدث ترجيح جزئى بواسطة الرماد<sup>(1)</sup>. وهناك نوعين من الرماد هما :-

#### ١ - رماد العظم Bone Ash $Ca_3(PO_4)_2$

وهو مسحوق العظم وعادة ما يكون عظام الماشية ويتكون رماد العظم من ٥٥% كالسيت ، ٤٠% خامس أكسيد الفوسفور ويستخدم كمادة معتمة وقد يستخدم هذا الرماد مع أكسيد القصدير لكنه قد يتسبب في حدوث زحف او تبثر Crawling or Blistering .

#### ٢ - رماد الخشب Wood Ash

وهى البقايا غير العضوية لرماد الخشب والذي يتكون من ما يزيد عن ٥٠% مواد مصهرة قلبية " بوتاسا  $K_2O$ ، ماجنيزيا  $MgO$ ، كالسيا  $CaO$ ، الباقي سليكا وخامس أكسيد الفوسفور وهى من المواد المكونة للزجاج وبالتالي يتشابه الرماد مع الترجيح وبالتالي يمكن أن يسمى حميص الترجيح الطبيعى ويعتبر رماد متاح حيث أن الأخشاب كانت مستخدمة فى الأفران<sup>(2)</sup> .

#### أساليب صناعة أدوات الإضاءة الخزفية

#### أ - صناعة البدن Body manufacture

قبل البدء فى عملية التشكيل كان يسبق ذلك عدة مراحل وهى عملية التخمير حيث تخطط الطفلة بالماء وتترك لعدة أيام مع استمرار التقليب وقبل ذلك تتقى الطفلة من الشوائب ذات الحجم الكبير . وبلى ذلك عملية العجن ويتم ذلك بالأيدي والأرجل لزيادة تماسك جزئيات الطفلة وإخراج الهواء من الطفلة وبعد ذلك تكون العجينة معدة للتشكيل باليد أو القالب أو العجلة<sup>(3)</sup> .

فائدة العجن قبل التشكيل على العجلة " الدولاب " انه يساعد على طرد الجيوب الهوائية التى ربما تفسد جدران القطعة أثناء العمل ويساعد على استعداد جزئيات الطفلة وتجهيزها للعمل ويساعد ايضا على تجانس محتويات الرطوبة بها<sup>(4)</sup> .

وفيما يلى أهم الطرق التى استخدمت فى صناعة المسارج الخزفية فى العصر الإسلامى:-

(1) Rhodes , D . ; Op Cit . p . 83 .

(2) Hamer , F . ; Op Cit P . 31.

(٢) مرفت عبد الهادى: المسارج الخزفية والفخارية من بداية العصر الإسلامى حتى نهاية العصر الفاطمى من خلال مجموعة متحف الفن الإسلامى بالقاهرة . رسالة ماجستير، قسم الآثار الإسلامية ، كلية الآثار، جامعة القاهرة ، ١٩٩٨، ص ٧ .

(٤) عنايات المهدي : فن إعداد وزخرفة الخزف، مكتبة بن سينا للنشر والتوزيع والتصدير. القاهرة ، ١٩٩٤، ص ٢٢٢.



## (١) عجلة التشكيل ( Wheel ( throwing on wheel )

تستخدم هذه الطريقة فى تشكيل المسارج ذات البدن الكروى أو الدائرى أو على شكل اسطوانى . ويرجع استخدام هذه الطريقة إلى بداية العصور الفرعونية ٢٠٠٠ ق . م (١) .

ويعطى استخدام العجلة نوع من التحكم فى القطعة المشكلة والتي كان من الصعب وجودها عند استخدام الطرق الأخرى (٢). ويشكل الفخار فى هذه الطريقة بواسطة كتلة من الطفلة توضع على قرص دائرى يمكن دورانها باستمرار لمدة طويلة من الوقت وتتكون العجلة من جزئين .

أ - رأس العجلة Wheel head وهى التى يوضع عليها الطفلة التى يتم استخدامها فى التشكيل.

ب - عجلة الدفع Kick-wheel ويكون قطرها أكبر من رأس العجلة. ويتم دفعها بالرجل لتحريك رأس العجلة ويتم إزالة القطعة من على رأس العجلة باستخدام خيط أو شعر حصان (٣) ويظهر تركيب العجلة فى الشكل رقم (٣) كما يظهر تأثير استخدام اليد فى التشكيل على العجلة فى الصورة رقم (٦).

## (٢) طريقة التشكيل باليد Hand building techniques

تعد هذه الطريقة من أقدم الطرق التى عرفها الإنسان منذ عرف الأوانى المصنوعة من الطين وتحتاج هذه الطريقة إلى مهارة فائقة حيث يستخدم الصانع يده وأصابعه فى التشكيل (٤) .

بينما ذكرت Sinopoli (٥) (١٩٩١) أنها من أبسط الطرق المستخدمة حيث تتم بوضع كتلة من الطفلة فى يد واستخدام اليد الأخرى فى التشكيل وذلك بعمل فتحة فى المركز وبعد ذلك يتم تقليل سمك الجدران وذلك بسحب الطفلة من القاعدة ، وقد استخدمت طريقة تشكيل المسارج باليد فى كل العصور وتحتاج هذه الطريقة إلى أن يتوفر فى الطينة اللزوجة المناسبة فإذا ما كانت تلك اللدونة بالقدر اللازم الذى يمكن استخدامها باليد فإنه يسهل العمل بها أما إذا زادت لزوجتها أو زاد جفافها فإنه يتعذر استخدامها (٦) .

(١) زكى اسكندر وآخرون : الموسوعة الأثرية العالمية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ، ١٩٧٧ ص ٥٦٢

(2) Henderson , J . ; Op. Cit . P . 119 .

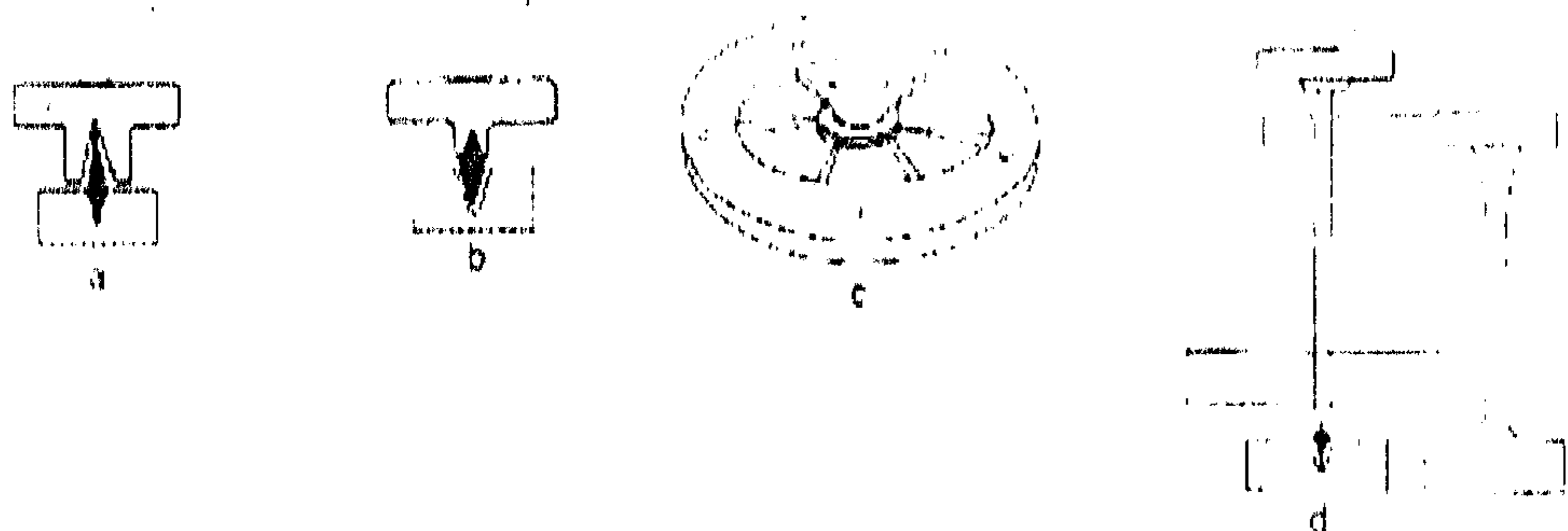
(3) Hodges , H ; Op. Cit . P . 28 .

(٤) حسن الباشا : مدخل إلى الآثار الإسلامية . دار النهضة العربية ، القاهرة ، ١٩٧٩ ، ص ٣٧٥ .

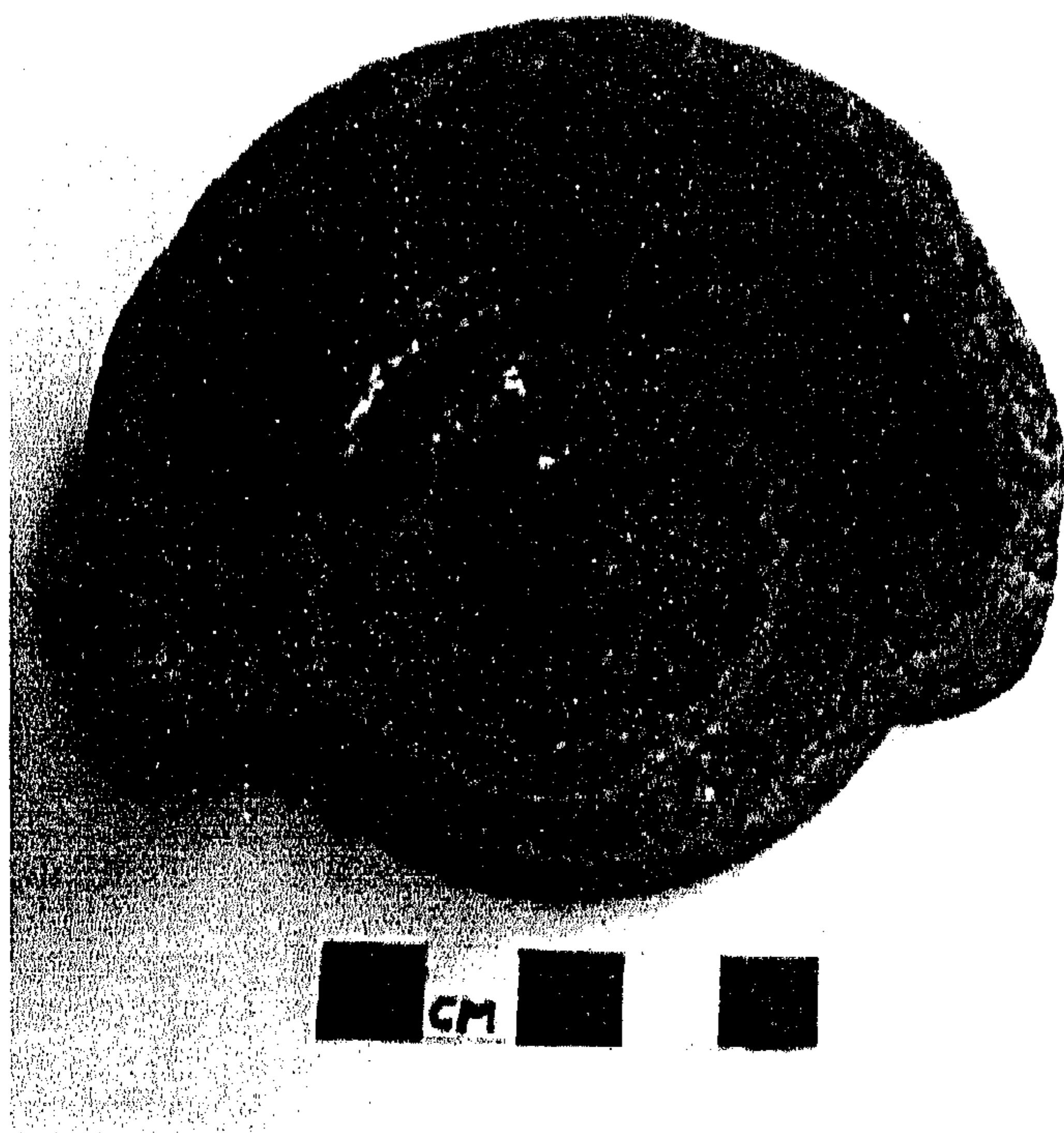
(5) Sinopoli , C . ; Op. Cit . P . 19 .

(6) Bailey , D . M. ; Greek and Roman Pottery Lamps , British Museum Press , 1972 , P. 13 .





شكل رقم (٣) يوضح تركيب العجلة (الدولاب).  
(Rice ,P. ,1987,P133)



صورة رقم (٦) توضح تأثير اليد في التشكيل على العجلة.





تعد من الطرق الهامة فى تشكيل المسارج والأكثر استخداما ويستخدم القالب فى صب المسارج اللوزية الشكل حيث كانت تصب المسرجة فى جزئين كل جزء فى قالب منفصل ثم يلصق الجزء العلوى مع الجزء السفلى <sup>(١)</sup> . ويتم لصق الجزئين معا بواسطة طينة سائلة من نفس النوع المستخدم فى عملية الصب والمسارج المشكلة عن طريق القالب تبدو زخارفها الناتجة عن القالب بارزة وواضحة التفصيلات وكانت الزخارف توجد فى الجزء العلوى من القالب ، ويلجأ الصانع إلى استخدام القالب بهدف إنتاج كميات كبيرة وبشكل واحد <sup>(٢)</sup> .

وقد ذكر AlHassan & Hill <sup>(٣)</sup> (١٩٨٦) أنه فى هذه الطريقة يتم عمل قالب من مادة مسامية يوضع فيها الطفلة المخلوطة بالماء ويتم تحريك هذه الطفلة فيمتص القالب الماء وتتصلب الطفلة أخذه شكل القالب وبواسطة الأصابع نضغط على الطفلة و بعد امتصاص الماء تجف الطفلة وتتكمش منفصلة عن القالب ويوضح الشكل رقم (٤) طريقة الصب فى القالب .

#### المقابض والقطع الإضافية

تلصق المقابض أو الأجزاء الإضافية مثل " المشعل والفوهة والقاعدة " مع المسرجة وهى فى حالة رطبة باستعمال الغراء الطينى ولا شك أن شكل المسرجة يظل ناقصا إلى أن تكمله تلك المقابض الصغيرة أو الكبيرة تبعا لما تحتاجه ، وقد تعددت أشكال وأنواع المقابض فمنها ما يصنع بطريقة سحب الطينة ومنها ما يشكل ثم يلصق منفردا وأحيانا يكون على شكل حيوان أو طائر ويجب أن تكون طينة المقابض من نفس نوع طينة المسرجة حتى تتفق معها فى قابليتها للانكماش وما يتبع ذلك من الأمور الفنية والصناعية ، وفى حالة المسارج على شكل طبق يثنى جزء من حافة الطبق ليضغط بها على الفتيلة <sup>(٤)</sup> .

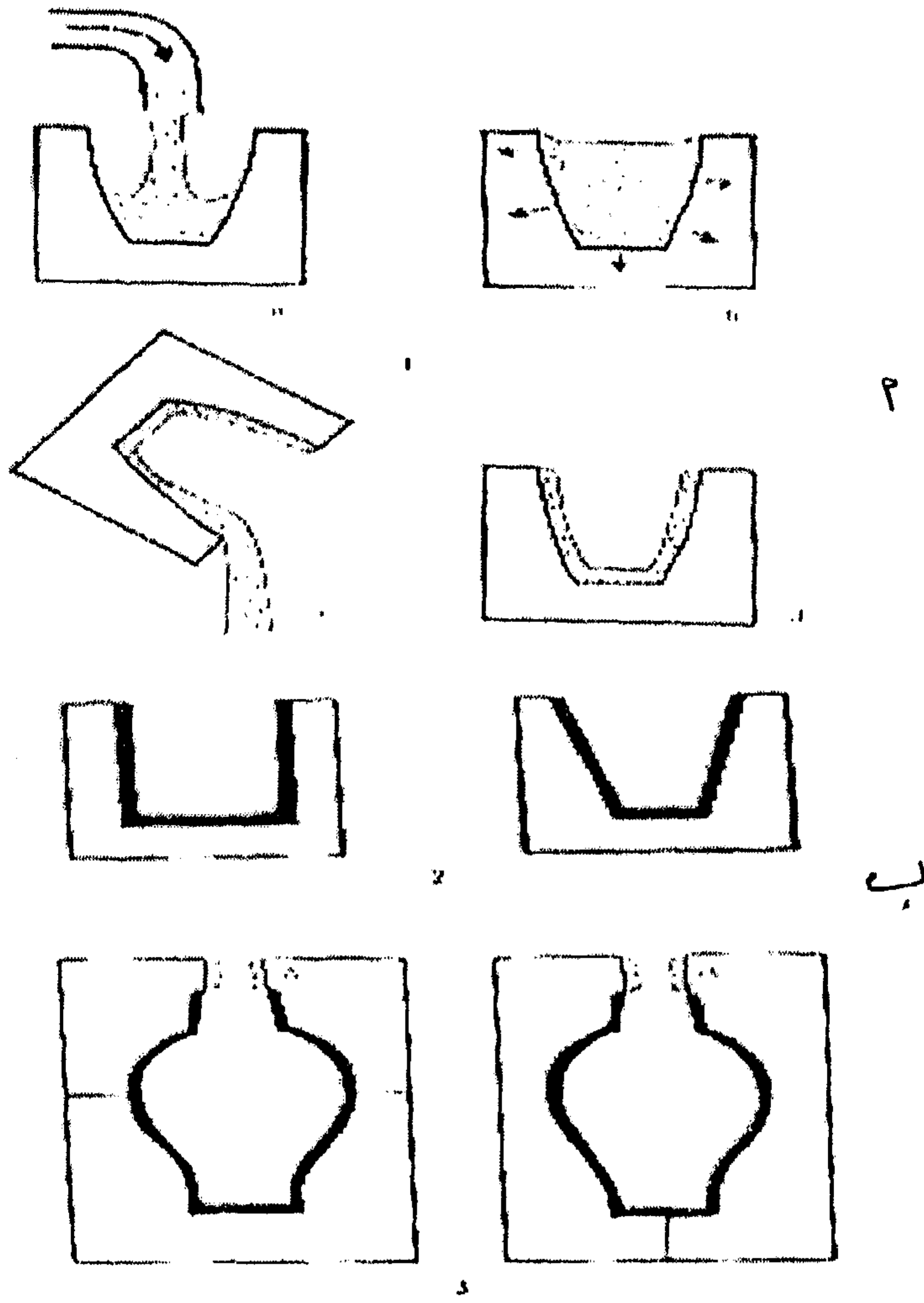
(١) حسن الباشا : المرجع السابق ص ٣٧٤ .

(٢) ديماندم : الفنون الإسلامية . دار المعارف . القاهرة . ١٩٥٨ ص ١٨١ .

(٣) Al-Hassan , A& Hill , D . R. ;O P Cit . P . 164 .

(٤) مرفت عبد الهادى : المرجع السابق ص ١١ .





شكل رقم (٤) يوضح طريقة الصب باستخدام القالب.  
 أ- طريقة الصب ب- أنواع القوالب (قطعه واحده، قطعتين)  
 (Hamer, F. ,1986,P275)



## ب - التجفيف Drying

وهي تعتبر من العمليات الهامة في الإنتاج الخزفي وفيها يتم التخلص من الماء المضاف إلى الخامات المكونة لخلطة البدن وهو الماء المتحد فيزيائيا وعملية التجفيف تسبق عملية التسوية " الحرق" وكانت المنتجات تجفف قديما في الهواء العادي أو في الشمس ويجب أن تتم هذه العملية ببطء حتى لا تتسبب السرعة في إحداث مشاكل بالبدن (1) .

## ج - الحرق Firing

عند تسخين الطفلة إلى درجة حرارة كافية فإنه يحدث تغيير كيميائي غير استرجاعي وتصبح مادة ثابتة ودائمة (2) . وذكر Hamer (3) (١٩٨٦) أنها عملية تحويل الطفلة إلى فخار و تشمل درجة حرارة لا تقل عن ٦٠٠ °م ، فالطفلة تتحول بالحرق إلى مادة تشبه الحجر لا تتأثر بالماء وفي بعض الأحيان تكون غير منفذة للماء وتطبيق الحرارة على الطفلة يغير من خصائصها الفيزيائية والكيميائية بداية من درجات الحرارة المنخفضة نسبيا ويستمر خلال درجات الحرارة المرتفعة ، ويتوقف ذلك على استمرار الحرق Duration ، درجة الحرارة Temperature وجو الفرن Atmosphere ولا يجب أن نتجاهل أي من هذه العوامل (4) . وتتم عملية الحرق بعدة مراحل هي فقد الماء والأكسده والتزجج .

## ١ - فقد الماء Dehydration

يفقد في هذه المرحلة الماء المتبقي الذي كان غير قادر على الجفاف بسبب رطوبة الجو والضغط وهذا يحدث بين درجة حرارة الغرفة ونقطة غليان الماء وعادة ما تنتهي هذه المرحلة عند ١٢٠ °م ، ويجب أن تتم هذه المرحلة بحذر (5) .

وتفقد الطفلة الماء تدريجيا وفي نفس الوقت فإن تركيب معادن الطفلة وخصائصها الكيميائية سوف تتغير وأثناء هذه العمليات تصبح الطفلة صلبة ، معظم الفقد في الوزن أثناء الحرق يكون نتيجة فقد الماء المدمص وماء المسام من الطفلة (6) .

---

(١) فاطمة صلاح مذكور : دراسة تقنية وعلاج وصيانة البلاطات الخزفية الأثرية في مصر مع التطبيق العملي على بعض النماذج من العصر العثماني وعهد محمد علي ، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ١٩٩٩ ، ص ٥٦ .

(2) Mark , P . A. & Heron , C . ;Archaeological Chemistry – Royal Society of Chemistry, Cambridge press , 1996, P . 104 .

(3) Hamer , F .;Op. Cit., P . 121,122 .

(4) Rice , P . ;Op. Cit., P . 81 .

(5) Hamer , F . ;Op. Cit., P . 121.

(6) Henderson , J . ; Op. Cit., p . 132 .



وقد ذكر Rhodes <sup>(1)</sup> (١٩٩٦) أن هذه المرحلة تتم عند ١٠٠ °م أما الماء المتحد كيميائيا يبدأ فقده عند ٣٥٠ °م وهذا الماء جزء من تركيب الطفلة . وعند الوصول إلى ٥٠٠ °م يكون تم فقده كليا وتسمى هذه المرحلة بفقد الماء المتحد كيميائيا dehydroxylation .

## ٢ - الأكسدة Oxidation

يحدث هذا التغير أثناء المراحل المبكرة لحرق الطفلة وهو تفكك أو تحلل كل المكونات للطفلة التي لم تكن في شكل مؤكسد و ذلك يشمل المواد العضوية مثل الكربون أو المواد غير العضوية مثل الكربونات والكبريتات، وأكسدة هذه المكونات عادة ما تكون غير كاملة إلى أن تصل إلى درجة ٩٠٠ °م وتتطلب هذه العملية أن يكون الأكسجين موجود بكمية كافية داخل الفرن <sup>(2)</sup> . وتبدأ أكسدة المواد العضوية بين ٢٠٠-٣٠٠ °م ومعدل الأكسدة يعتمد على طبيعة المواد العضوية وكمية الأكسجين المتاحة أو سهولة الدخول خلال كتلة الطفلة إلى المواد العضوية وطبيعة المواد العضوية تعتمد على مكوناتها وحجم جزيئاتها .

ويزداد معدل الأكسدة بارتفاع درجة الحرارة ويجب التخلص من هذه المواد قبل ترجج القطعة حتى لا يحدث تشوه للبدن <sup>(3)</sup> . أما المواد غير العضوية مثل الكالسييت  $\text{CaCO}_3$  فإنه عندما يسخن فوق ٦٥٠ °م فإنه يبدأ في فقد  $\text{CO}_2$  الذي يتحرك كغاز تاركا أكسيد الكالسيوم ويزداد المعدل بارتفاع درجة الحرارة إلى ٨٩٨ °م <sup>(4)</sup> .

## ٣ - التزجج Vitrification

يحدث التزجج بزيادة درجة الحرارة وهذه المرحلة تحدث تصلب وفي النهاية يحدث ترجج جزئي ويعطى الطفلة المحروقة خصائص الصلابة والدوام والكثافة وخواص تشبه الحجر <sup>(5)</sup> . ويسبق هذه المرحلة عملية أخرى وهي التلييد Sintering "المرحلة التي تسبق التزجج، حيث تبدأ الحواف الخارجية للسيليكا في الانصهار والتداخل "ويحدث التلييد عند انخفاض نسبة الشوائب ويحدث في الحالة الصلبة وهي العملية التي من خلالها ترتبط الحبيبات مع بعضها بالتسخين وذلك لزيادة كثافة البدن وخفض المسامية ويزداد معدل التلييد بتضاغط الكتلة قبل التلييد <sup>(6)</sup> .

(1) Rhodes , D . ;Op. Cit . P . 16 .

(2) Ibid , P. 16 .

(3) Grim , R . ;Op. Cit., P . 82 .

(4) Shepard , A. O .;Op. Cit., P . 22 .

(5) Rhodes , D . ; Op. Cit. P., 17 .

(6) Ford,W.F.;4-The effect of heat on Ceramics ,Institute of Ceramic,text series, Maclaren & Sons, LTD, London ,1976 , P . 51.





أما فى التزجج فيحدث انصهار لبعض مكونات الطفلة مثل أكاسيد الحديد وتتكون فى النهاية أجزاء صغيرة من الزجاج تغمس المنطقة المحيطة وتربط الأجزاء معا كالغراء ، ويصل التزجج إلى أقصاه فى حالة البورسلين ، وقوة الطفلة المحروقة ليست بسبب تكون الزجاج ولكن أيضا بسبب تكون بلورات جديدة مثل بلورات الموليت Mullite ويوضح الشكل رقم (٥) مراحل التزجج داخل البدن . ويحدث هذا فى الطفلات الحمراء التى تحتوى نسبة من الحديد عند ١٠٠٠ °م أما الكاولين النقى فتصل درجة حرارة تزججه إلى ١٢٥٠ °م <sup>(١)</sup> .

#### تأثير الحرق على مكونات البدن المختلفة

#### Effect of Firing on different components of body

##### ١ - معادن الطفلة Clay Minerals

ذكر Rice <sup>(٢)</sup> (١٩٨٧) أنه عند درجات الحرارة المرتفعة فوق ٦٠٠ °م تقريبا بعد فقد الماء فإن معادن الطفلة تعاني من تغيرات كبيرة فى التركيب الكيميائى المعدنى للطفلة ، فالكاولينيت عند أكثر من ٥٠٠ °م يتحول إلى ميتاكاولين  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  وهو قليل التبلور لذلك لا يظهر عند تحليله بـ XRD ويتفكك الميتاكاولين عند حوالى ٩٥٠ °م ليكون السبنيل  $2 Al_2O_3$  ( Spinel  $3SiO_2$ ) بالإضافة إلى سليكا حرة ، وإعادة التبلور هذه تكون مصحوبة بانكماش وفى درجة ١٠٥٠ - ١٢٧٥ °م يتحول السبنيل إلى موليت  $(3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)$  والذى يكون فى شكل بلورات أبرية تحت الميكروسكوب .

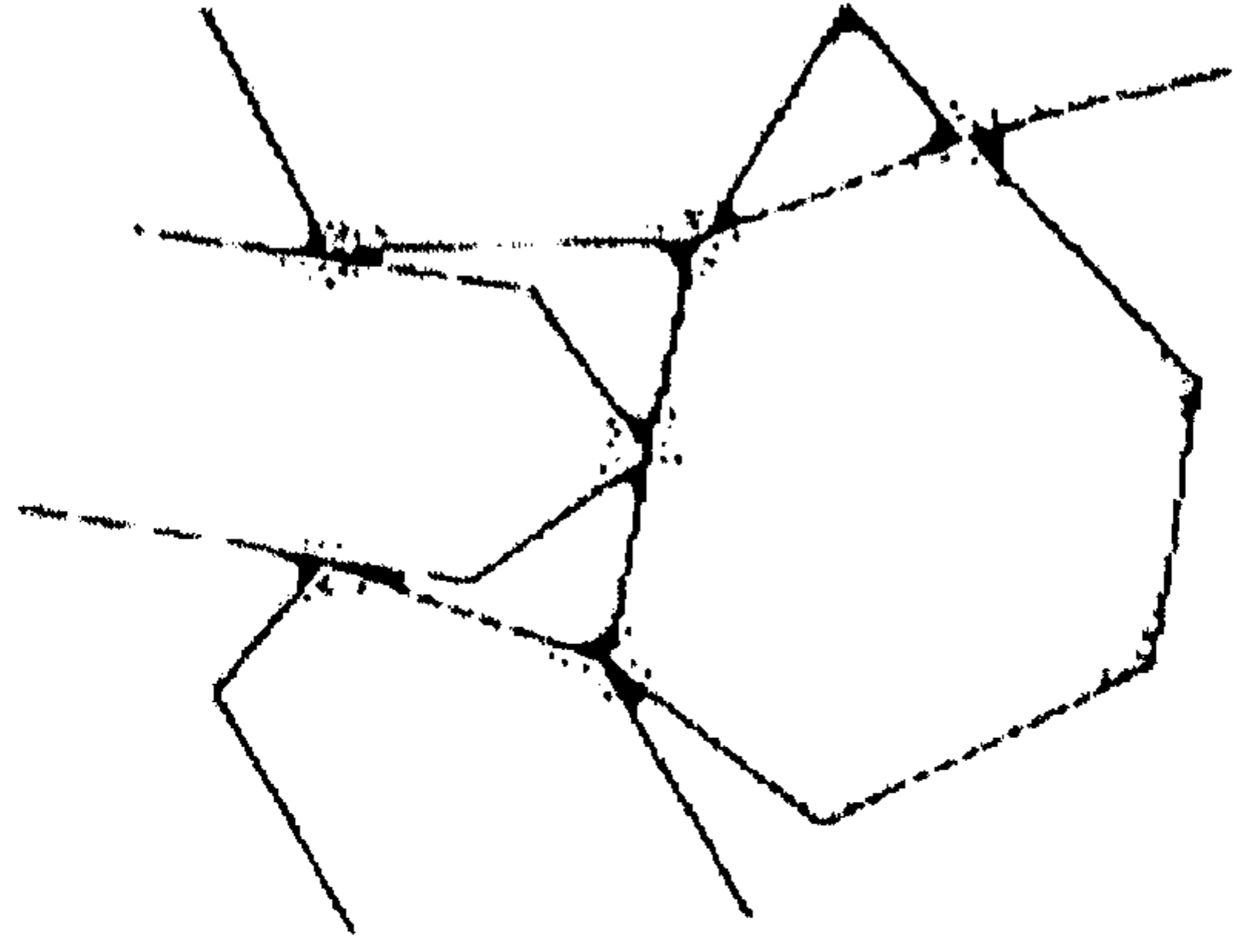
|                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| $6(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$ | Kaolinite              |
| $6(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)$             | Meta Kaolin            |
| $3SiO_2 + 3(2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2)$   | Al - Si Spinel         |
| $3SiO_2 + 2(3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)$   | Mullite <sup>(٣)</sup> |

(1) Rhodes , D . ; O P Cit .p.19

(2) Rice . P . : O P Cit p . 90 .

(3) Ford ,W .F . ;O P Cit P . 51.





شكل رقم (٥) يوضح مراحل التزجج داخل البدن  
(Hamer, F. ,1986, P.123)



أما Norton<sup>(1)</sup> (١٩٤٩) فقد ذكر أن التفكك الشبكي للمونتييموريلونيت والأيلليت يبدأ عند ٦٠٠ °م ويكتمل تفكك الشبكة عند ٨٠٠ °م ولكنه يذوب كلية عند ١٣٠٠ °م ويظهر الموليت Mullite عند ١٠٥٠ °م ويحدث نفس الشيء للأيلليت ولكن لا يظهر الموليت قبل ١١٠٠ °م .

## ٢ - الكوارتز Quartz

يعانى الكوارتز من ثلاث تغيرات فى التركيب البلوري والروابط وهذه التغيرات والتي توجد عند ٥٧٣ ، ٨٦٧ - ٨٧٠ ، ١٢٥٠ °م مصاحبة بتغيرات فى الخواص مثل الكثافة والتقل النوعى .

- التغير الأول : يحدث عند  $573 \pm 5$  °م ويتغير الكوارتز من ألفا إلى بيتا (Alpha to Beta) وهذا التغير يكون مصاحب بتغير فى التركيب ينتج فى شكل تمدد حبيبات الكوارتز والتمدد فى الحجم يكون ٢% بينما التمدد الخطى يكون ١,٠٣% .

- التغير الثانى والثالث : الذى يبدأ عند ٨٦٧ - ١٢٥٠ °م يؤدى إلى تكون التريديميت Tridymite من بيتا كوارتز وعندئذ إلى كريستوباليت Cristobalite من التريديميت وهذه التفاعلات تكون بطيئة لذلك فإن الدرجة التى تحدث عندها هذه التفاعلات فى البدن تعتمد على المدة التى تثبت عندها درجة الحرارة Soaking .

ويثبت الكريستوباليت عند ١٤٧٠ °م وقد يتكون من الكوارتز الحر أثناء تكون الموليت عند ١٠٥٠ °م<sup>(2)</sup> .

## ٣ - الكالسيت Calcite Ca CO3

يتحلل الكالسيت عند الحرق فى درجة ٨٧٠ °م تقريباً وهذا الاختلاف نتيجة طول وقت الحرق أو الجو الذى يحدث عنده الحرق وعند تحلله يكون CaO, CO<sub>2</sub> وتلعب حجم حبيبات البلورات دوراً هاماً فى ذلك وإذا حدث الحرق فوق ١٠٠٠ °م فإن الكالسيوم يكون جزء من الطور الزجاجى السائل ويمكن أن يتكون الولاستونيت Wollastonite CaSiO<sub>3</sub> ، قد تزداد سرعة انصهار مركبات الكالسيوم فى الجو المختزل<sup>(3)</sup>. وقد صنف Maggetti<sup>(4)</sup> (١٩٨١) المعادن التى تنتج بعد الحرق الى معادن أولية Primary Minerals وهى المعادن

(1) Norton , F . H. : Op. Cit . P . 182 .

(2) Rice , P . , Op. Cit . P . 95 .

(3) Henderson , J . ; Op. Cit P. 134 .

(4) Maggetti , M . ; Composition of Roman Pottery From Lousonna (Switzerland) , in: Scientific studies in ancient ceramics (ed). by Hughes, M. J. , British Museum Occasional Paper No. 19. 1981, PP33-50 .



السناتجة من الطفلة الأصلية ولم تتحلل أو تتفكك أثناء الحرق مثل الكوارتز. و معادن حرق Firing Minerals وهي المعادن المتكونة أثناء الحرق

مثل الدايبوسيد والجهلينييت والهيمايتيت والولاستونيت بالإضافة الي المعادن الثانويه Secondary minerals

وهي المعادن التي تكونت بعد الحرق خاصة أثناء الدفن إما بالتبلور أو تغلغل المحاليل مثل الكالسيت ، ما سبق من حرق يسمى حرق البسكوييت أو البسكوي biscuit, bisque ويلى ذلك تطبيق التزجيج ثم حرقه .

#### ب - تطبيق التزجيج Glaze applying

وبعد حرق البسكوييت يتم تبريد القطعة ويطبق عليها التزجيج وحرق البسكوييت هذا يجعل القطعة أكثر قوة وذلك ليطبق عليها التزجيج ويترك البدن مسامى بما يكفى حيث يلتصق التزجيج أفضل (1) . ويمكن تطبيق التزجيج مباشرة من المواد الخام وهي جافة على سطح القطعة وفي حالة الجزئيات الدقيقة يجب استخدام مادة لاصقة مع الماء . وهذه الطريقة التي يطحن فيها المواد الخام وتطبق مباشرة على السطح فإن التزجيج يسمى بالتزجيج الخام Raw glaze .

وهذه الطريقة لا يمكن تطبيقها حيث أن كل مكونات الصوديوم والبوتاسيوم سابقة الذكر فيما عدا الفلسبارات عالية الذوبان فى الماء وإذا تم تطبيقها مباشرة على البدن فإنه سوف يمتص أكثر مما يبقى على السطح وللتغلب على هذه المشكلة فإن المواد الخام تحضر وتصهر "تحمص" فى بوتقة لتجعل مادة التزجيج غير قابله للذوبان وتطحن هذه المادة وتعلق فى الماء وتطبق على البدن . كذلك فإذا لم تطبق مواد التزجيج وهي جافة فإن سائل التزجيج قد يتم رشه على القطعة أو قد تغمس الأنية فى السائل كذلك يمكن استخدام الفرشاة التي قد ينتج عن استخدامها تغطية غير متساوية (2) .

وأضاف Hedges (3) (١٩٨٣) أن التزجيج قد يطبق على البدن كخليط من مسحوق المواد المختلطة مع الماء أو قد يترسب على سطح البدن أثناء التجفيف فى شكل أملاح متزهرة و التي تتصهر عند الحرق وتصهر جزئيات الكوارتز على سطح البدن لتكون التزجيج . ويعتمد سمك التزجيج قبل الحرق على مسامية البدن ، وقد ينتهى التزجيج عند خط معين وذلك لكى يسهل حمل القطعة أثناء تطبيق التزجيج حتى لا تلتصق القطعة بالحامل الذى توجد فوقه .

(1) Rice , P. ;Op. Cit P . 99 .

(2) Hodges , H . ; Op. Cit 46.

(3) Hedges R . E . , et al ; Op. Cit 26.





وقد يطبق التزجيج على بدن محروق أو بدن غير محروق وفي حالة البدن غير المحروق فإنه يكون هناك انتقال لبعض المكونات من البدن إلى التزجيج ويحدث تداخل كبير بين البدن والتزجيج في هذه الحالة حيث يحدث انحلال خفيف للبدن المحروق أثناء تطبيق التزجيج ويحدث اختلاط بين حبيبات البدن مع جزئيات التزجيج الرطب ، ويحدث ذلك أكثر عندما يطبق التزجيج بالفرشاة .

بينما من مميزات استخدام البدن المحروق أنه يكون ثابت أثناء تطبيق التزجيج ولا يعانى من تمدد أو انكماش نتيجة البلل والتجفيف الذى يتبعه، والمميزات الأكثر نتيجة استخدام بدن محروق هو تفكك كربونات الكالسيوم في البدن المحروق ذو الطفلة الجيرية وانطلاق غاز  $CO_2$  وبالتالي فإن الفقاعات يمكن تجنبها ، و كذلك انتشار الحديد من البدن إلى التزجيج يقل نتيجة ثبات الحديد في شكل بلورات كذلك فإن تطبيق المعلق على بدن محروق يكون أسهل (1)

### حرق التزجيج Glaze Firing

لقد استخدم الخزاف الماء في تطبيق مسحوق التزجيج على القطعة و عندما يتم التسخين إلى درجة الاحمرار فإن التغيير يبدأ في الحدوث في التزجيج وتبدأ بعض المواد التى توجد في التزجيج في التطاير مثل الكربون والكبريت ، وتبدأ الأكاسيد في التفاعل والانصهار بين اثنين أو أكثر من المواد ويحدث هذا الانصهار تدريجيا بارتفاع درجة الحرارة (2) . ويعتبر الانصهار تحول المواد المختلفة إلى سائل متجانس وهناك عدة عوامل تؤثر في الانصهار منها مكونات التزجيج والمواد المصهرة ونسبها وكذلك الجزئيات الصغيرة التى تعطى سطحاً أكبر لتهاجم بالحرارة كذلك الحرق الطويل والحميص (3) .

وهناك عوامل أخرى تقلل نقطة انصهار التزجيج كزيادة كمية المواد المصهرة الفعالة مثل أكسيد الرصاص والصودا والبوتاسا وإضافة أكثر من نوع من الأكاسيد المصهرة هذا إلى جانب تقليل كمية السليكا والألمونيا وكذلك تقليل كمية المواد المصهرة غير الفعالة مثل الماغنيسيا وأكسيد الباريوم (4) .

### جو الحرق Firing Atmosphere

يتميز جو الحرق بأن له تأثير هام حيث أنه يؤثر في اللون والصلادة بالنسبة للقطعة بالإضافة إلى انكماشها ومساميتها ومن المهم معرفة جو الفرن عندما كانت درجة الحرارة قصوى

(1) Tite , M . S. et al ;Op. Cit P . 254 .

(2) Rhodes . D . ; Op. Cit P. 87 .

(3) Hamer , F. ; Op. Cit P . 142 .

(4) Rhodes , D . ; Op. Cit P . 163 .



وكذلك معرفة الجو أثناء التبريد ، ويتأثر جو الفرن بعدة عوامل منها تدفق الهواء واستخدام أنواع مختلفة من الوقود بالإضافة إلى التغطية بالرماد للقطعة .

ويحدد جو الحرق من خلال الاتزان بين الغازات مثل الأكسجين وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون أثناء عملية الحرق (1) .

## ١ - الجو المؤكسد Oxidizing Atmosphere

تتطلب عملية الأكسدة تيار هواء جيد بالإضافة إلى درجة حرارة كافية لحرق المواد الكربونية ، وتعتمد درجة الحرارة المثالية للأكسدة بصورة جزئية على خواص الطفلة حيث أنه يجب أن تتم الأكسدة قبل بدء عملية التزجج التي تختلف اختلافا كبيرا باختلاف نوع الطفلة فالطفلات ذات المحتوى العالي من المواد العضوية والكثيفة تتطلب فترة أكسدة طويلة بينما التي تحتوي كمية صغيرة تكون سهلة الأكسدة (2) .

وأشار Hamer (3) (١٩٨٦) أن الأكسدة ترجع إلى اتحاد الأكسجين مع عنصر أو مركب وهذا التفاعل يحدث عند الحرق في درجة حرارة أعلى من درجة الاحمرار وتتطلب مزيد من الهواء للحرق . وأهمية الأكسدة توجد في حالة الكربون والكبريت حيث أنه عادة ما يوجد أحد هذه العناصر بالبدن ويتم الحرق بين ٧٠٠-١١٥٠ م° ، والكيميائيين ينظرون إلى الأكسدة على أنها إزالة الهيدروجين وفقد إلكترونات ، أما الخزافون فيرون أنها تشمل تحلل أو تفكك الكربونات والكبريتات، وينتج في النهاية أكسيد الكالسيوم أو الكبريت والذي يدخل في عملية الانصهار .



وبعض المواد في الفخار تتطلب أكسدة متعمدة للتخلص من المواد المتطايرة مثل الكبريت، الفلور التي توجد في الطين ، الصخور الفلسبارية .

## ٢ - الجو المختزل Reducing Atmosphere

يكون جو الفرن مختزلا عندما يكون وقود الفرن رطبا ولا يحدث إمداد للفرن بالهواء فيكون اللهب مصحوبا بالدخان حيث أن الوقود لم يحترق احتراقا كليا ويكون هواء الفرن به الكربون وأول أكسيد الكربون ولا يحتوى على أكسجين أو قد يحتوى كمية قليلة منه .

ويلاحظ أن المادة العضوية لا تحترق كلية حيث أنه لا يوجد أكسجين كاف لتحويله إلى غاز وتحصل القطعة على مزيد من الكربون من الدخان ، وفي نفس الوقت فإن بعض الأكاسيد

(5) Henderson , J. ;Op. Cit P . 131 .

(1) Shepard , A. O . ; Op. Cit P . 81 .

(2) Hamer , F . ; Op. Cit P . 211 .



المعدنية في القطعة قد تفقد جزء أو كل الأكسجين الذي تحتويه وبالتالي يحدث اختزال ويكون جو الفرن مختزل (1) .

وتعتمد نظرية الاختزال على أنه عندما يحترق الوقود فإن الكربون الموجود بالوقود يتحد مع الأكسجين الموجود بالهواء ليحدث تفاعل كيميائي وينتج من هذا التفاعل حرارة وثاني أكسيد الكربون .



وإن لم يكن هناك أكسجين كاف أثناء الحرق ليتحد مع الكربون مكونا أول أكسيد الكربون وهو نشط ويخطف الأكسجين من أى مصدر متاح مثل بعض أكاسيد المواد الخام التي تدخل في تركيب البدن ، ويمكن التحكم في درجة الاختزال بتغيير كمية الهواء التي يسمح لها بالاختلاط مع الوقود (2). وأشار Rhodes (3) (١٩٩٦) أيضا إلى أن المرحلة الأولى من الحرق التي تكون عند ٨٠٠ °م يجب أن تكون مؤكسدة وذلك لأن الاختزال قبل هذه النقطة يكون غير ضروري حيث أنه قد يسبب بعض المشاكل .

#### تأثير الاختزال على مكونات البدن :

لا يحدث اختزال لمكونات كثيرة في البدن حيث أن المكون الأساسي هي الألومينا والسليكا وهي عادة ما تكون ثابتة ، تأثير واحد يكون موجود للاختزال وهو اللون الرمادي والأسود نتيجة ترسيب الكربون في مسام القطعة أثناء الحرق . والتغيير الأساسي في الطفلة يكون نتيجة الحديد الموجود بها حيث أن أكسيد الحديد الموجود في كل الطفلات يتحول من اللون البني إلى الرمادي أو الأسود .

وظاهرة أخرى توجد عندما يكون سطح الطفلة ذو لون بني بينما الجزء الداخلي يكون ذو لون أسود أو رمادي وما حدث هو أن السطح حدث له إعادة أكسدة re-oxidation للحديد محولا إياه إلى أكسيد الحديد الأحمر ويتم ذلك عند التبريد (4) .

#### أفران الحرق Kilns Firing

لقد عرف Nelson (5) (١٩٩٩) الأفران بأنها بناء مغلق به نظام تهوية يسمح للحرارة بالمرور على القطع ولا تتصل القطع بالوقود حيث ان النظام مغلق ، وتصنع الأفران عادة من مادة مسامية مثل أو الآجر أو الطوب اللبن حيث أنها تستعمل لعمليات حرق عديدة ومستمرة .

(3) Hodges , H. ; Op. Cit P. 40 .

(1) Ibid, P . 263 .

(2) Rhodes,D.: OP Cit , P . 272 .

(3) Ibid , P. 264 .

(4) Nelson K. ;Op. Cit P . 75 .



وذكر <sup>(1)</sup> AL - Hassan & Hill (١٩٨٦) أن أحجام الأفران تختلف وذلك اعتمادا على الكمية التى سوف يحرقها الخزاف . وأضاف Henderson <sup>(2)</sup> (٢٠٠٠) أن الوقود المستخدم Fuels قد يكون صلب أو لين حيث تحدد كمية الحرارة الناتجة ، فالأخشاب اللينة تحترق أسرع وعليه يكون معدل حرارتها أسرع ، وغالبا ما يكون الوقود من الخشب أو الفحم .

وفيما يلي بعض أنواع الأفران :

#### ١ - حرق الحفرة Pit Kiln

يتكون هذا النوع من الأفران من قطعة أرض محاطة من ثلاث أو أربع جهات بواسطة جدران منخفضة من الطوب اللبن ويوضع الوقود فى هذا الفرن أسفل وأعلى القطع <sup>(3)</sup> .

#### ٢ - الحرق المفتوح Open Firing

تدفن القطع فى حفرة فى مستوى الأرض وتصل درجة الحرارة إلى ٩٠٠ °م ، ويميل هذا الحرق إلى أن وقته قصير ودرجة حرارته منخفضة وأعلى درجة لها ٨٠٠-٩٠٠ °م ويتم ذلك بوضع القطع على وقود و يوضع مزيد من الوقود على السطح ولكن يكون من عيوب هذا الحرق انه من الصعب التحكم فيه <sup>(4)</sup> .

#### ٣ - الأفران ذات السحب السفلي Down - draught Kiln

هى الأفران التى ترتفع فيها الغازات الساخنة إلى أعلى ثم بعد ذلك تخرج هذه الغازات من فتحة ذات مستوى أقل من مستوى الوقود ويتطلب سحب هذه الغازات مدخنة طويلة وتعمل الغازات الساخنة على استمرار درجة حرارة الفرن مرتفعة لمدة أطول حيث أنها تتحرك مرتين داخل الغرفة . أيضا يكون التسخين متجانس ويكون هناك تحكم فى دورة الحرق وأيضا تحكم فى جو الفرن <sup>(5)</sup> . وعادة ما يكون هذا النوع من الأفران مستطيل فى التخطيط ويكون الوقود فى أحد النهايتين <sup>(6)</sup> .

#### ٤ - الأفران ذات السحب العلوي Updraft Kilns

وهو نوع بسيط من الأفران حيث تكون الحجرات مغلقة كما أن الحرارة تتحرك أعلى وأسفل القطع وعندئذ تنفذ إلى الخارج وهذه الأفران عادة ما تكون أسطوانية ويتم التغذية بالوقود من خلال فتحة فى الجانب أو من خلال صندوق الحرق أسفل أو فى مقدمة (بيت النار) ، وتخرج الغازات والحرارة من قمة الفرن إما بالمدخنة أو من فتحة فى القمة مغطاة تغطية مؤقتة <sup>(7)</sup> .

(5) Al . Hassan A. Y. & Hill D. R. ; Op. Cit P. 166 .

(1) Henderson J. ; Op Cit 141, 135 .

(2) Shepard A. O. ; Op Cit P . 158 .

(3) Henderson J. ; Op Cit 141, 135 .

(4) Hamer , F. ; Op Cit P. 103 .

(5) Henderson , J. ;Op Cit . 138 .

(6) Shepard , A.O; Op Cit . P . 159-160 .





وهى أكثر الأفران شيوعا ويتكون من حجرتين وعادة ما يكون تخطيطه دائرى وقد يكون سطحه على شكل قبة ، الحجرة السفلى (بيت النار) تشمل الوقود والأخرى (غرفة الرص) يوضع فيها الفخار ، وقد يكون بها فتحة تعمل كمدخنة <sup>(1)</sup>. ومن عيوب هذا النوع من الأفران أن كمية من الحرارة تهرب دون استخدام من خلال قمة الفرن ، كذلك فإن هناك خطورة من الصدمة الحرارية للقطع <sup>(2)</sup> .

### الوقود والفتائل Fuel and Wicks

كانت الفتائل المستخدمة تصنع من الكتان أو نبات الخروع أو من الألياف النباتية حيث كانت تقوم بامتصاص الزيت من المسرجة بالخاصية الشعرية . أما الزيوت المستخدمة فى الإضاءة فإن زيت الزيتون هو الوقود الأساسي منذ العصر اليوناني الروماني <sup>(3)</sup>. وكان المصريون يستخرجون زيت الزيتون من زراعات الفيوم والإسكندرية كما أن زراعة الكتان كانت منتشرة فى أماكن شتى بمصر <sup>(4)</sup> .

---

(1) Henderson , J. ;Op. Cit . 138 .

(2) Shepard , A.O. ;Op. Cit . P . 159 .

(3) Bailey , D . M. ;Op. Cit P . 10 .

(<sup>٤</sup>) السيد طه أبو سديرة : الحرف والصناعات فى مصر الإسلامية : الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة سنة

١٩٩١س ص ٣٢٦ .



# الفصل الثانى

## خصائص الخزف



## خصائص الخزف

تعد دراسة الخواص المختلفة للخزف الأثرى من الدراسات المهمة والتي تحتاج إلى المزيد من الاهتمام حيث أن معظم الدراسات تنصب وتهتم فقط بالخامات ونواحي التقنية فقط، لذلك كان من الضروري إلقاء المزيد من الضوء على هذه الخواص .

وترجع ندرة الدراسات في مجال خواص الخزف الأثرى إلى صعوبة تطبيق وتحقيق هذه الخواص ، كذلك صعوبة الحصول على عينات بأحجام مناسبة وقياسية لتطبيق هذه الخواص عمليا، كذلك فإن تعقيد المواد التي يتكون منها الخزف تلعب دورا هاما في ندرة هذه الدراسات .

ويتناول هذا الفصل مناقشة خواص الخزف الأثرى لأهمية ذلك في التعرف على أسباب تلف أدوات الإضاءة موضوع الدراسة وعلاقة الخواص المختلفة بالوظيفة وكذلك دور المواد الخام التي صنعت منها أدوات الإضاءة ، كذلك فإن دراسة الخواص المختلفة لأدوات الإضاءة سوف يفيد أيضا عند القيام بعمليات العلاج المختلفة خاصة عند التقوية والاستكمال .

وعند دراسة خواص الخزف الأثرى نجد أنه من الصعب فصل هذه الخواص عن بعضها البعض لأن كل خاصية مرتبطة بالخواص الأخرى ، وبالتالي فإنه من الصعب وضع تقسيم محدد للفصل بين هذه الخواص لذلك فإن هذا الفصل يدرس كل خاصية منفردة مع توضيح علاقتها بالخصائص الأخرى وفيما يلي أهم هذه الخصائص:

### ١ - المسامية Porosity

يمكن تعريف المسامية بأنها نسبة حجم المسام الفارغة إلى الحجم الكلي للقطعة <sup>(1)</sup> . وتعد المسامية أحد الخواص الهامة والأساسية للخزف وترتبط المسامية بكل من الكثافة والقوة والنفذية ومقاومة التجوية والتآكل وكذلك تزهو الأملاح بالإضافة إلى مقاومة الصدمة الحرارية <sup>(2)</sup> . وحيث أن الخزف يتكون من أكثر من مادة من حبيبات فردية ومادة زجاجية في بعض الأحيان فإن هناك تغير في العلاقة بين هذه المكونات نتيجة التغيرات في الحالة الكيميائية والفيزيائية للخزف عند الحرق والتبريد <sup>(3)</sup> .

وتختلف الطفلات في نسبة المسامية التي تبقى عليها بعد الحرق ، فالطفلات الحرارية مثل الكاولين والطفلات المحتوية على نسبة مرتفعة من السليكا ونسبة منخفضة من المواد المصهرة

(1) Shepard, A . ,Ceramics for Archaeologist , Washington , U.S.A 1985 , P . 125 .

(2) Shepard, A . ,Op. Cit P . 126 .

(3) Maggetti, M., Phase analysis and its significance for technology and origin, in Archaeological Ceramics by Olin ,J .S. and Franklin ,A.D Smithsonian Institution press, washing ton D. C, 1982 .PP. 121-134 .



تبقى مرتفعة المسامية بعد الحرق ، فقد تصل المسامية في مثل هذه الطفلات إلى ٤٥-٥٠% عند حرقها عند ٩٤٥ م° وتتخفض مساميتها إلى ٣٠-٤٠% عند حرقها في درجة حرارة ١٣٠٠ م° بينما هناك بعض الطفلات التي يحدث فيها ترزج Vitrification عند درجة حرارة منخفضة ويكون هذا الترزج كاف لتقليل المسامية التي تكون ٢٠-٤٠% عند درجة ٩٤٥ م° . وتتخفض إلى ١-٥% عند درجة ١٢٠٠ م° (1) وتزداد المسامية في المراحل الأولى من الحرق حتى تصل إلى أقصى قيمة لها ٣٠% عند درجة ٨٠٠ م° وذلك نتيجة حرق المواد العضوية وكذلك المواد الكربونائية وعند درجة الحرارة الأعلى من ٨٠٠ م° فإن المسامية تقل إلى حوالي ٥% حيث تبدأ الكتلة في الانكماش ويحدث لها ترزج وبالتالي فإن العديد من المسام المفتوحة تغلق (2) .

ومما لا شك فيه أن نقطة الترزج للطفلة ودرجة حرارة الحرق هي المحدد الأساسي للمسامية وكذلك فإن للضغط المستخدم أثناء التشكيل تأثير على المسامية حيث أن الضغط يقلل المسامية وذلك بضغط الجزئيات معا (3) . وكذلك يجب الإشارة إلى شيء مهم وهو أن الخزف لا يحترق بدرجة متساوية فقد تتعرض قمة أو قاعدة القطعة لحرارة أعلى أو أقل وبالتالي فإن المسامية تكون غير متساوية (4) .

ويوجد نوعين من المسامية هي المسامية الحقيقية و المسامية الظاهرية

#### ١ - المسامية الحقيقية True Porosity

وتسمى أيضا المسامية الكلية total Porosity وهي تشمل المسام المفتوحة بالإضافة إلى الفراغات أو المسام المغلقة .

#### ٢ - المسامية الظاهرية Apparent Porosity

وتشمل فقط المسام المفتوحة المتصلة بالسطح وتستثنى منها المسام المغلقة والمسام الدقيقة وترتبط المسامية الظاهرية بالامتصاص .

وهناك عدة عوامل تؤثر في المسامية فقد أشار Rice (5) (١٩٨٧) إلى هذه العوامل حيث ذكر أن حجم وشكل المسام يتأثر بحجم وشكل جزئيات البدن الطفلي وكذلك ترتيب هذه الجزئيات ، فالمسام المفتوحة قد تكون نتيجة ترتيب الحبيبات الفردية في البدن أو نتيجة خروج الماء أو الغازات أثناء الحرق . والمسام عادة تكون غير منتظمة الشكل فمثلا نجد أن المسام الدائرية

(1) Shepard , A . , Op. Cit P. 126 .

(2) EL Sheltawy , H.M. , Archaeological Geology of ancient ceramic MSC thesis Geology dept. Faculty of science , Cairo university, Cairo , Egypt , 1994 , P.42 .

(3) Shepard ,A. , Op Cit P . 126 .

(4) Fraser , H . , Ceramic Faults and their remedies , London , 1998 , P . 55 .

(5) Rice , P . M . , Pottery Analysis , University of Chicago press ,U.S.A, 1987 , P. 530 .





المنعزلة توجد في المنتجات دقيقة الحبيبات مرتفعة الحرق ، كما ان مسامية القطعة تتأثر بمسامية المشتملات أو المواد المضافة إلى جانب تأثير ظروف الدفن burial للقطع لمئات السنين حيث يترسب فيها بعض المواد أو تتبلور الأملاح في مسام القطع مما يؤدي إلى تقليل المسامية .

أما Grimshaw<sup>(1)</sup> (١٩٧١) فقد أشار إلى صعوبة عمل كتلة خالية من الفراغات أو المسام ومن هذه العوامل التي تؤثر في المسامية شكل الجزيئات shape of particles وكذلك حجم الجزيئات size of particles ورتبة الجزيئات grading of particles وكذلك طبيعة المواد التي تكون الخليط nature of materials comprising mixture وبالإضافة الي المعالجات التي تمت أثناء الصناعة بالإضافة إلى الموقع النسبي للجزيئات .

هذا إلى جانب أن هناك مواد تزيد المسامية وذلك عندما يحتوى البدن على مواد متطايرة تتبخر وتتحلل مثل الكربونات والمواد العضوية .

وهناك أيضا مواد تقلل المسامية وهي المواد المصهرة fluxes التي تتحد مع المكونات لتكون سائل يملأ المسام كذلك فإن التلبيد sintering يقلل المسامية. وقد اتفق كل من Grimshaw<sup>(2)</sup> (١٩٧١) و Rice<sup>(3)</sup> (١٩٨٧) على تقسيم المسام إلى أنواع مختلفة :

#### ١ - مسام مغلقة أو معزولة Closed or Sealed Pores

وهذا النوع قد يوجد بصورة طبيعية في البدن دون أى اتصال خارجى أو قد تنتج أثناء التسخين حيث أن المسام المفتوحة تصبح معزولة من خلال الاتكماش والتزجج والنوع الأول يحتوى علي هواء أو ماء أو ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> أو ثالث أكسيد الكبريت SO<sub>3</sub> .

#### ٢ - مسام في شكل قنوات Channel pores

وهي التي توصل الفراغات ببعضها أو الفراغات بالسطح وهي توجد في شكلين أحدهما رأسى والآخر أفقى وهذا الشكل من المسام يكون عبارة عن مجموعة مسام تتصل ببعضها لتكون طريق مرور خلال البدن .

#### ٣ - مسام بلا منفذ Blind-alley pores

ومنها المستقيم upright ونوع مقلوب أو معكوس inverted وهناك النوع الأفقى أيضا.

(1) Grimshaw, R. W. , The chemistry and physics of clays and other Ceramic materials 4<sup>th</sup> (ed.). New York , John Wiley , 1971 P . 419 .

(2) Grimshaw ,R. W. , Op cit P. 417 .

(3) Rice , P.M., Op Cit p. 350 .



## Loop Pores

## ٤ - مسام عقدية

وهي إما أن تكون مستقيمة أو مقلوبة أو أفقية .

## Pocket Pores

## ٥ - مسام جيبيه

وهذه المسام كبيرة مع رقبة صغيرة وقد تكون هذه الرقبة ضيقة جدا لدرجة أنها تكاد تغلق المسام .

## Micro Pores

## ٦ - المسام الدقيقة

وهذه المسام صغيرة جدا لدرجة أنها لا تحتوى سائل تحت ظروف الضغط العادى وكذلك عند الغمر فى الماء . ويوضح الشكل رقم (6) أنواع المسام التي سبق الاشارة اليها.

## علاقة المسامية بالخصائص الأخرى

لقد ذكر Rice <sup>(1)</sup> (٢٠٠٢) أن هناك عدة صفات تتخفف بصفة عامة وذلك بزيادة المسامية ويحدث هذا مع معظم الخصائص الميكانيكية مثل القوة والكسر ومقاومة التآكل وكذلك الخصائص الحرارية . بالإضافة إلى عدة عوامل أخرى مثل عدم التجانس فى النسيج وكذلك خصائص الخليط المكون للبدن وكذلك حجم المسام .

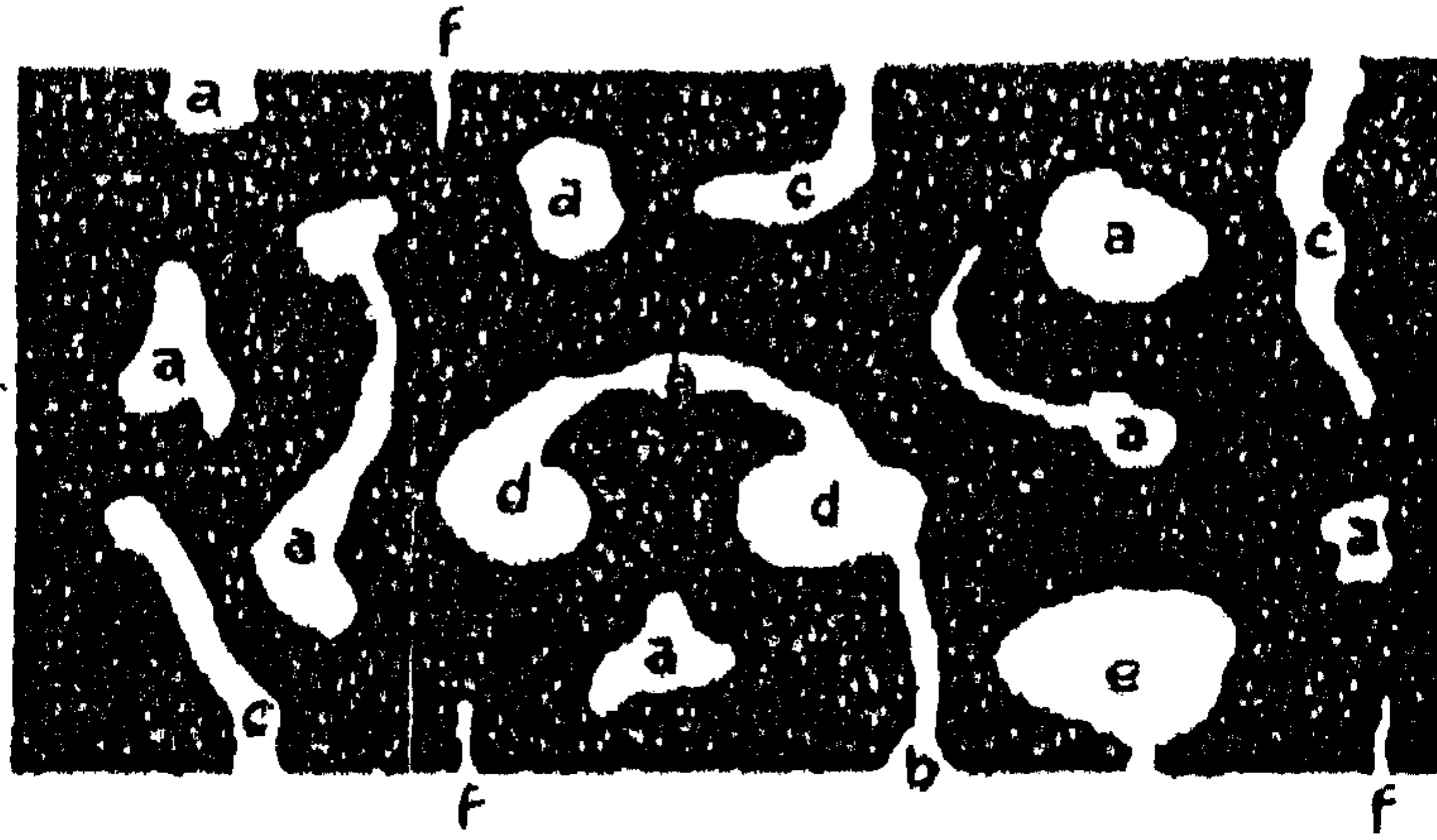
وبالنسبة لعلاقة المسامية بالقوة فإن Rice 1998 <sup>(2)</sup> ذكر أن القوة تتخفف مع زيادة حجم الحبيبات . وعلاقة المسام أو المسام المتجمعة سبب هام لحدوث الشروخ وكذلك هناك تأثير لعدم تجانس المسامية و يوضح الشكل رقم (٧) العلاقة بين المسامية والقوة.

وبالنسبة لأدوات الإضاءة موضوع الدراسة فيكون هناك أهمية لدراسة الخواص الحرارية والصدمة الحرارية . فنجد أنه عند زيادة المسامية تزداد مقاومة الخزف للصدمة الحرارية وهذا بسبب أن الحبيبات فى الكتلة المسامية بها مزيد من حرية الحركة أكثر من الكتلة الكثيفة . وهذا نلاحظه فى معظم أدوات الإضاءة التى تتميز بارتفاع مساميتها وذلك لتناسب وظيفتها التى تتميز بارتفاع درجة الحرارة .

(1) Rice ,R.W : Fabrication of ceramics with designed porosity ; in 26<sup>th</sup> Annual conference on composites , Advanced ceramics , Materials and structures edited by Lin, H & Sing , M : Florida, 2002 ,P . 150 .

(2) Rice , R. W . , Porosity of ceramics , New york , 1998 p . 224 .

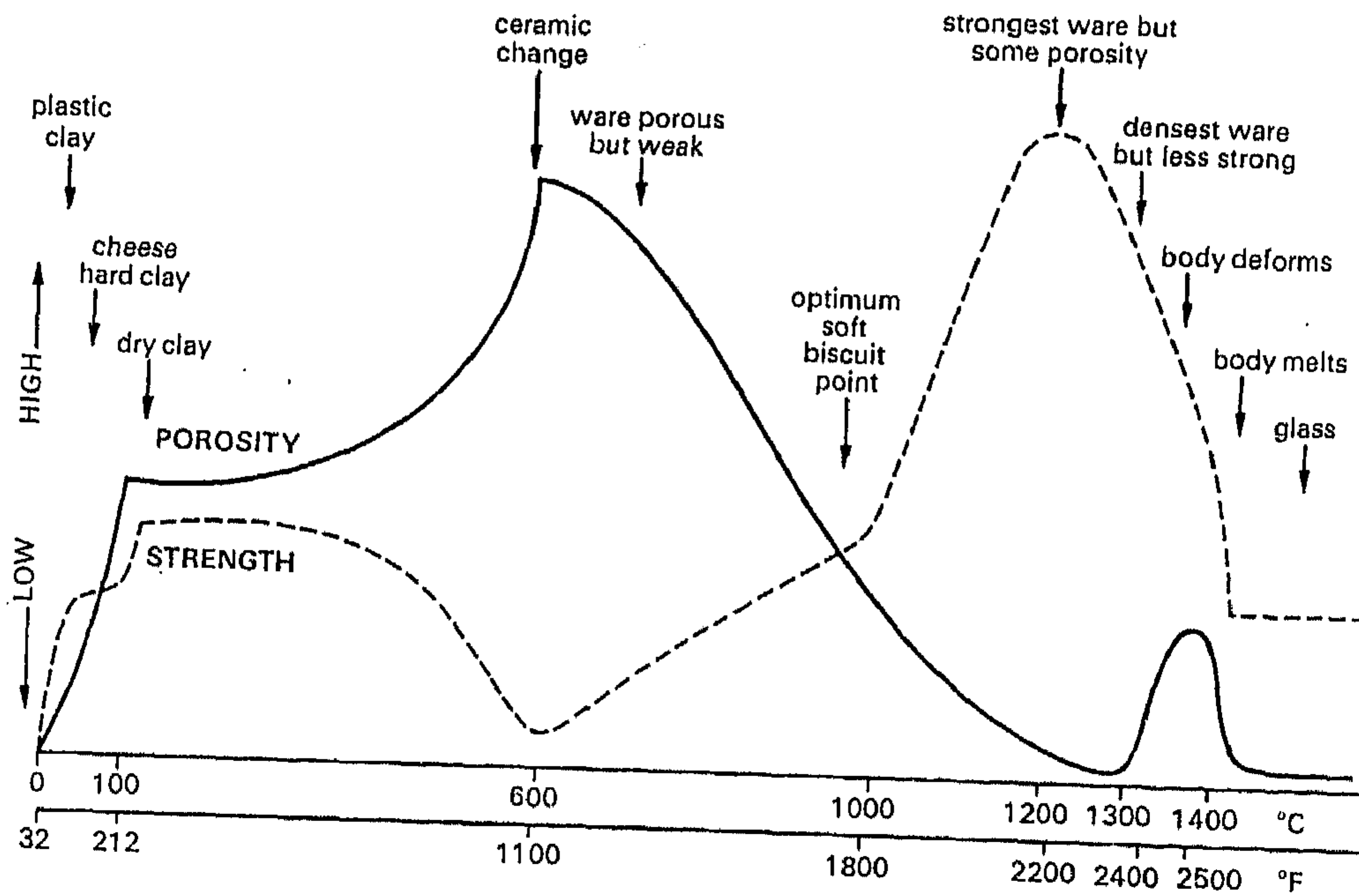




a-closed pores b-channel pores c-blind-alley  
d-loop pores e-pocket pores f-micropores

شكل رقم (٦) يوضح أنواع المسام المختلفة

(Grim Shaw, R. 1971, p. 745.)



شكل رقم (٧) يوضح العلاقة بين المسامية والقوة نتيجة عملية الحرق

(Hamer, F. 1986, p. 231)



كذلك فإن الضغوط الناتجة من التغيرات الحرارية المفاجئة في درجة الحرارة تقل عندما يكون هناك هواء ، والأواني ذات الطبقة المسامية تقاوم التغيرات المفاجئة في الحرارة التي قد تهشم القطع الكثيفة (1) .

هذا بالإضافة إلى الدور الهام الذي تلعبه المسامية في النفاذية permeability . وترجع النفاذية إلى تغلغل الرطوبة إلى جدران الأواني من خلال المسام المفتوحة إلى السطح الداخلي أو الخارجي . وذلك إما من محتوى الإناء أو من مصدر خارجي ، ولكن النفاذية تقل وذلك بتعديل أو معالجة السطح الداخلي أو السطح الخارجي أو كلاهما وبالتالي يقل التغلغل . ومن هذه المعالجات التي تقلل النفاذية التزجيج والبطانة (2) .

لذلك فإن النفاذية تتصل بالمسامية فهي المعدل الذي يمر به السائل أو الهواء خلال الخزف من سطح إلى آخر ، وتعتمد النفاذية على نوع وحجم وعدد وتوزيع المسام وكذلك وجود الشروخ والاختلاف في الضغط والحرارة عند كل سطح . ولكن لا يوجد تأثير للمسام المغلقة في النفاذية (3) وتقاس النفاذية من المعادلة التالية :

النفاذية = حجم الهواء أو الماء الذي يمر × سمك العينة

حجم قطاع العينة × الضغط × الوقت

وتعتمد النفاذية أيضاً على سمك العينة و علي وجود أو غياب الشروخ وكذلك وجود أو غياب التزجيج والاختلاف في الضغط والاختلاف في درجة الحرارة بين الجوانب المختلفة بالإضافة إلى استمرار الاختبار (4) .

ولتحديد المسامية الظاهرية يتم قياسها عادة بالغمر في سائل حيث تجفف العينة في فرن حتى ١٠٥-١١٠م° ويتم وزنها ، وبعد ذلك تغمر العينة في سائل "ماء" حتى يحدث التشبع ويتم وزنها ، ثم يتم وزن العينة وهي مشبعة ومغمورة في الماء وهي معلقة أيضاً. ويتم قياس المسامية الظاهرية من العلاقة الآتية (5).

المسامية الظاهرية =  $\frac{\text{الوزن يعد الغمر} - \text{الوزن الجاف}}{100 \times}$

الوزن يعد الغمر - الوزن في الماء

(1) Shepard , A, Op. Cit , P . 126 .

(2) Rice , P . M., Op. Cit p. 230 .

(3) Ibid 350 .

(4) Grimshaw , R. W : Op. Cit P . 435 .

(5) Rice , P . M ., Op. Cit P. 352 .





هى القدرة على مقاومة الضغوط المختلفة بدون تشويه أو كسر أو تشرخ أو تآكل. وقوة البدن تعتمد على عدة خصائص وعوامل منها تركيبه وخصائصه الفيزيائية وطريقة التشكيل وكذلك ظروف الجفاف والحرق والظروف الحرارية عند الاستخدام<sup>(1)</sup>. كذلك فإن القوة تعبر عن قدرة القطعة على مقاومة الكسر عند تعرضها للاستخدام أو الضغط والتصادم وهى أحد خواص الخزف الهامة<sup>(2)</sup>.

والقوة من أكثر الخواص تعقيدا وذلك مقارنة بالخواص المتصلة بها فهذه الصفة تتصل بدوام الخزف ومقاومته للكسر ومن الأشياء الهامة فى قوة الخزف النسيج والتركيب الدقيق شاملا المسامية، والخزف القوى هو ذلك الذى يحتوى على معدلات مختلفة من الحجم وذات زوايا حادة الشكل. وذلك بالرغم من أنه لا توجد كمية خاصة من المحتويات يمكن من خلالها الحصول على أكبر قوة، حيث أن ذلك يختلف من بدن لآخر فقد وجد أن النسبة المثلى لتقوية الطفلة هى إضافة ٢٥% من الكوارتز إلى الطفلة، كذلك فإن الحبيبات الدقيقة جدا فى البدن تحسین وتزيد من قوة القطع مرتفعة الحرق وذلك لأنه يحدث تليد Sintering وذلك أكثر من الحبيبات الأكثر خشونة<sup>(3)</sup> وهناك عدة اختبارات يمكن من خلالها قياس القوة وتظهر فى الشكل رقم (٨) وهى :-

#### ١ - قوة الشد Tensile stress

وهى تنتج عند تطبيق القوة على العينة ويمكن حساب قوة الشد من خلال كمية القوة التى تطبق على العينة وتقسّمها ويحدث عندها تشرخ. وتعتمد قوة الشد على شكل وحجم العينة، والخزف يكون أضعف تحت تأثير الشد من تأثيره بباقي العوامل والقوى الأخرى، وقوة الشد خاصية هامة للغاية لأنها تمنع التزجيج من التشرخ Crazeing.

#### ٢ - قوة القص Shear Stress

ويحدث اختبار قوة القص عندما ينزلق جزء من البدن فوق جزء آخر من البدن "انزلاق نسبى". وتنتج ضغوط القص من تطبيق قوتين فى اتجاهين متعاكسين.

(1) Rice , P . M . : Op. Cit P . 357 .

(2) Sinopoli , C. M.: Approaches to Archaeological Ceramic , Plenum press , New York, 1991, P. 13 .

(3) Rice , P . M . : Op. Cit P . 140 .



### ٣ - قوة الضغط والتحمل Compressive Strength

وهذا الاختبار يتم بتطبيق حمل أو ثقل على العينة . كذلك فإن التزجيج يتعرض لمثل هذا الضغط من البدن الموجود أسفله وذلك عندما يحدث انكماش عند التبريد وقوة تحمل العينة لهذا الاختبار أربعة أضعاف تحمل العينة لاختبار الشد (1).

وتستوقف هذه الخاصية المهمة على نوع المادة الخام والتركيب المعدني للمادة واللدونة وجودة عملية التجفيف ودرجة حرارة الفرن ومعدل رفع درجات الحرارة وكذلك تعتمد على كمية المواد المنصهرة Fused Materials والتي تعمل على ربط حبيبات الطفلة المحروقة معا (2)

### ٤ - قوة المرونة Transverse or flexural Stress

ويتم هذا الاختبار بوضع مصدر قوة فوق عينة مسطحة ، وينتج عن هذا الضغط التواء ويتم تدعيم العينة من خلال نقطة أو نقطتين أسفل العينة .

### ٥ - قوة الدوران Torosional Stress

ويتم هذا الاختبار بتعريض طرفي العينة في اتجاهين مختلفين ويحدث في نهاية الاختبار كسر يكون على شكل حرف S (3) .

### ٦ - مقاومة التضاغط Impact resistance

هي قدرة القطعة على مقاومة الضغط الواقع عليها بدون أن يحدث لها كسر، وتتأثر هذه الخاصية بالشكل ووجود تقوس أو انحناء في الجدران وكذلك سمك الجدران ووزن القطعة والمواد المكونة لها ونوع الضغط ، وقد وجد أن إضافة المواد العضوية تعمل على تقليل مقاومة العينات لاختبار التضاغط ، كذلك وجد أن إضافة كربونات الكالسيوم إلى الطفلة يكون مناسب للقطع التي تتعرض للنقل (4) .

---

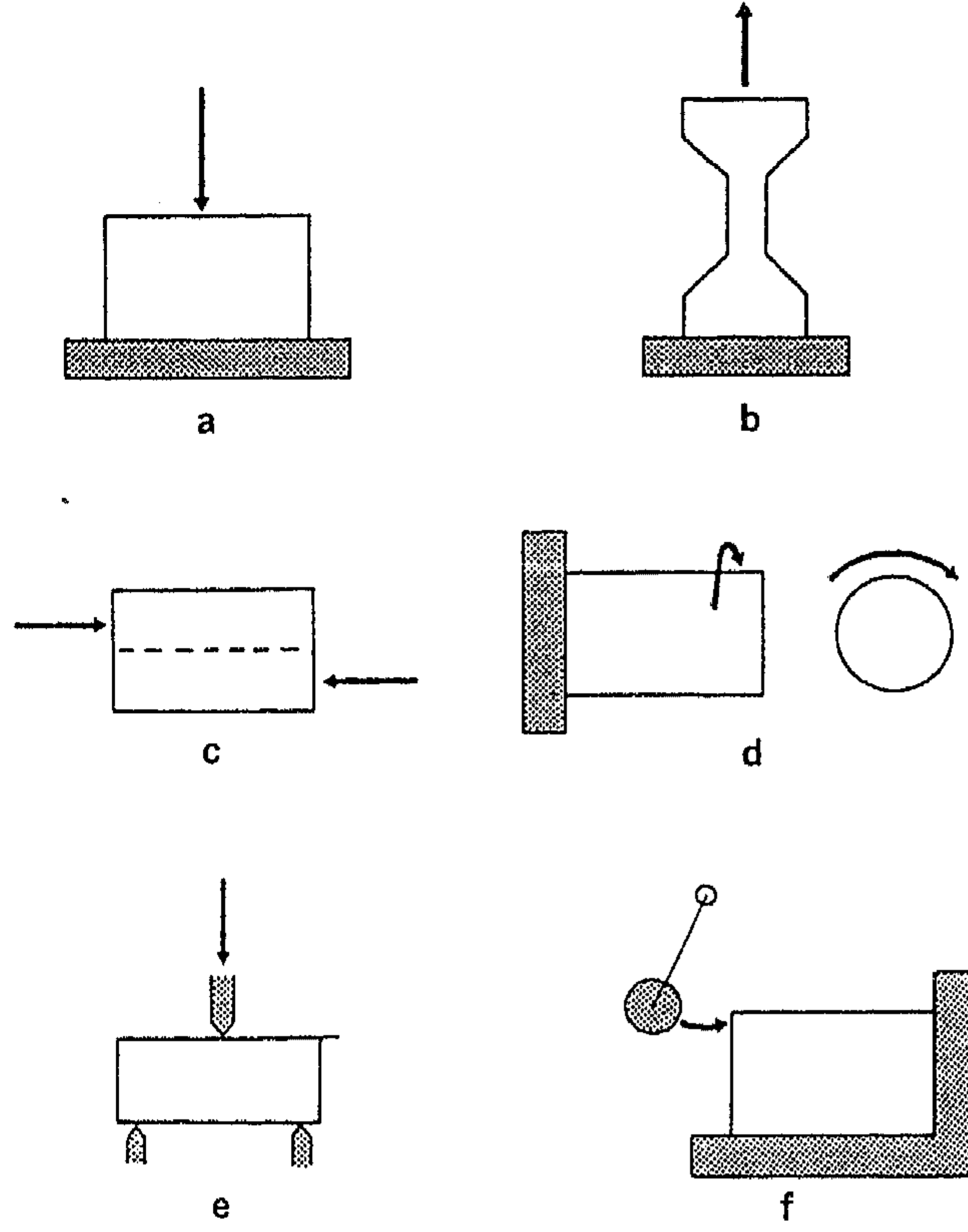
(1) Rice , P . M . : O P Cit P . 358 .

(٢) أحمد صلاح محمد عطية : دراسة علاج وصيانة المنشآت الأثرية المشيدة بالطوب الأحمر تطبيقاً على إحدى المنشآت الأثرية الرومانية بمنطقة تل الفرما بشمال سيناء . رسالة ماجستير ، قسم الترميم ، كلية الآثار، جامعة القاهرة ، ٢٠٠٢ ، ص ١١٧ .

(3) Rice , P . M . O P Cit P . 360 .

(4) Friedman , R . F . : Predynastic Settlement Ceramics of upper Egypt , Unversity of California at Berkeley , USA , 1994 , P . 256 .





a- Compression b- Tension c- Shear  
d- Torsion e- Transverse f- Impact .

شكل رقم (٨) يوضح الاختبارات المختلفة التي يمكن تطبيقها على عينات الخزف

(Rice,P.1987,P.359)



وتعتبر القوة خاصية معقدة وذلك لأنها تتأثر بظروف وعوامل عديدة منها المواد الخام التي صنعت منها القطعة وحجم حبيباتها وكذلك طريقة التشكيل والجفاف والحرق وجو الحرق ، فالقوة تتأثر وتؤثر فى باقى خواص الخزف المختلفة وذلك تبعا لبعض العوامل مثل :-

## ١ - التركيب الكيميائى أو المعدنى Chemical or Mineralogical composition

مما لا شك فيه أن التركيب المعدنى يلعب دورا هاما فى قوة الخزف ، فعلى سبيل المثال يعمل المونتي موريلونيت على زيادة قوة تماسك وترابط البدن الخزفى<sup>(1)</sup> أما المواد المعدلة Temper materials فإنه كلما زادت كميتها ادى ذلك إلى ضعف البدن، ويتوقف ذلك على حجم و طبيعة سطح هذه الحبيبات . فالحبيبات ذات السطح الخشن تكون أفضل فى الارتباط مع الطفلة من الحبيبات الناعمة السطح<sup>(2)</sup> . ولأستخدام المحار دورا هاما فى وقف الشروخ فى البدن حيث أن المحار يتميز بشكل الألواح وذلك مقارنة بالكوارتز ، أما مسحوق الفخار Grog فيزيد من مقاومة الصدمة الحرارية أما البدن المحتوى على مسحوق الحجر الجيرى فيتميز بانخفاض التمدد الحرارى مما يقلل أيضا من الضغوط الناتجة أثناء الصدمة الحرارية<sup>(3)</sup> .

## ٢ - الخواص الفيزيائية لمواد الخزف Physical properties of Materials

ولهذه الخواص تأثير هام على القوة ومن هذه الخواص :-

### أ - الحجم والشكل Size and Shape

تتوقف قوة القطعة الخزفية على قوة المواد التي صنعت منها القطعة . ويلعب شكل القطعة أيضا دورا هاما فى قوتها ولا يمكن إغفال الدور الذي تلعبه طريقة الصناعة اووجود أحمال عند الاستخدام<sup>(4)</sup> فالقطع التي تتميز بوجود أركان واختلاف فى سمك جدارنها تكون أكثر ضعفا .

### ب - نسيج المادة Texture of material

يرتبط النسيج الداخلى للبدن الخزفى بكل من شكل وحجم الحبيبات المكونة للبدن وكذلك حجم وتوزيع المسام بين هذه الحبيبات . وتزداد قوة البدن بأستخدام حبيبات غير منتظمة وحادة الزوايا وذات أحجام مختلفة أما الحبيبات الكروية" الدائرية " فتعطى بدنا ضعيفا . وبصفة عامة

(1) Grimshaw , R . W . : Op. Cit P . 871 .

(2) Shepard , A : Op. Cit P . 131 .

(3) Tite , M . S. & Kilikoglau, V. and Vekinis , G. : Strength , roughness and thermal shock Resistance of ancient ceramics , and their infulence on technological choice, Archaeometry 43, (3) 2001, P.317 .

(4) Tite , M .S. et al : Op. Cit., P . 303 .





تزداد قوة البدن الخزفي كلما كانت الحبيبات صغيرة <sup>(1)</sup> وذلك لأن الحبيبات الدقيقة للطفلة هي الأكثر استعدادا لأن تلتصق بالحببيات الأخرى المحيطة بها عند الحرق <sup>(2)</sup> .

### ج - المسامية Porosity

تتأثر قوة البدن بكل من حجم وترتيب المسام حيث أن البدن مرتفع المسامية يكون ضعيفا أما إذا كانت المسام قليلة جدا فإن تأثيرها على القوة لا يمكن ملاحظته .

### ٣ - طريقة تحضير المواد الخام Mode of preparation of the Materials

لطريقة التحضير تأثير هام حيث أن الطحن يحدد حجم وشكل الجزيئات المختلفة وبالتالي يؤثر مباشرة في قوة القطعة . كذلك فإن نسب المواد المضافة لها تأثير على قوة المنتج وكذلك طريقة الخلط حيث أن الخلط قد يكون غير مكتمل <sup>(3)</sup> .

### ٤ - طريقة التشكيل Mode of Manufacture

إن طريقة التشكيل باليد تعطى قطع أقل قوة كذلك فإن تطبيق ضغط غير متجانس على القطع المختلفة يؤثر في قوة المنتج .

### ٥ - ظروف التجفيف Conditions of drying

تجنبنا لحدوث مشاكل في القطعة فيجب أن يتم الجفاف تحت ظروف تسمح بخروج الماء بمعدل متجانس للقطعة ككل وبدون وجود أجزاء كثيفة لا تسمح بنفاذ الماء وبالنسبة للقطع المحتوية على مواد لدنة كثيرة مثل الطفلة فتزداد قوتها وصلابتها وذلك عند تجفيفها تحت ظروف مناسبة .

### ٦ - الحرق Firing

وترتبط القوة بعملية الحرق ارتباطا وثيقا . حيث تتوقف القوة على طبيعة وكمية المواد الرابطة الناتجة عن الحرق وأيضا الجزيئات التي ارتبطت بعد الحرق كما أنه يحدث تقوية جيدة نتيجة الانكماش للجزيئات بعد الحرق <sup>(4)</sup> . هذا بالإضافة إلى أن جو الحرق لابد أن يؤخذ في الاعتبار وذلك لأن الاختزال يؤثر في بعض المواد المصهرة التي تزيد من التزجج حيث يختزل أكسيد الحديد إلى أكسيد الحديد <sup>(5)</sup> . وذلك لأن الحرق يعدل خواص القطع التي تحرق عند درجات حرارة مرتفعة إذا أخذت فترة من الجو المختزل أثناء الحرق تكون أكثر صلابة <sup>(6)</sup> . كما

(1) Grimshaw , R. W : Op. Cit P . 872 .

(2) Shepard , A : Op. Cit . , P.130 .

(3) Grimshaw , R. W : Op. Cit P . 876 .

(4) Grimshaw , R. W : Op. Cit P . 878 .

(5) Shepard , A . : Op. Cit P . 133 .

(6) Rice . P . M . : Op. Cit P . 228 .



أن التزجج أو تكون الطور الزجاجي يزيد قوة القطعة حيث أن هذا الطور الزجاجي يكون أكثر مرونة ويحتمل التشوه أو الضغوط دون كسر أكثر من المواد المتبلورة <sup>(1)</sup> . ويرتبط المحتوى الزجاجي بعوامل الصهر والسليكا الحرة أثناء الحرق فعندما تكون جزيئات المادة المائلة صغيرة فسوف يزيد ذلك من قوة القطعة <sup>(2)</sup> .

#### ٧ - إعادة التغير في درجة الحرارة

إن التغير في درجة الحرارة خاصة في الحراريات يقلل تدريجيا قوة القطعة وذلك اعتمادا على معامل التمدد والانكماش للمواد وكذلك التغيرات الكيميائية والفيزيائية التي تتغير أو تحدث أثناء إعادة التسخين والتبريد . فالماغنسيوم والكوارتز كلاهما حساس جدا للتغيرات المفاجئة في درجة الحرارة مما يؤدي إلى ضعف القطعة .

كما أن درجة الحرارة نتيجة الاستخدام لها تأثير على القوة حيث أن المواد عند درجات الحرارة المرتفعة تكون أقل قوة وذلك لأن الروابط تلين وقد تتصهر وبالتالي تقل القوة <sup>(3)</sup> .

#### ٣ - اللون Color

يعد لون البدن الخزفي أحد الخواص الهامة التي تنتج نتيجة اتحاد عوامل مختلفة منها تركيب الطفلة ودرجة الحرق وظروفه . وقد أوردت Shepard 1985 <sup>(4)</sup> أسباب لون الخزف وأرجعتها إلى أسباب أولية Primary causes وتتمثل في مكونات الطفلة و درجة حرارة الحرق وكذلك مدة استمرار الحرق . وارجعت ذلك إلى وجود بعض الشوائب وعلى رأسها مركبات الحديد والمواد العضوية ، وهناك أيضا أسباب ثانوية Secondary causes وهي تنتج من الظروف بعد الحرق مثل امتصاص ألوان أو أثناء الاستخدام أو ترسب الكربون . ويتضح ذلك في أدوات الإضاءة التي ترسب على سطحها الكربون بل أنه تداخل في لب البدن وقد تترسب بعض المواد من التربة أو قد تزال مواد أخرى وذلك أثناء الدفن .

ومن أهم مصادر اللون في الخزف المنتج وجود بعض مركبات الحديد في الطفلة الخام.

#### أ- الحديد Iron

يتغير لون الطفلة عند تسخينها إلى درجة حرارة كافية وهذا يعتمد عادة على المواد غير الطفلية وكذلك ظروف الحرق . حيث أن وجود أكسيد الحديد بصفة خاصة في صورة حرة وفي

(2) Ibid P . 362 .

(3) Buys , S. & Oakley , V. ; The conservation and Restoration of Ceramics , Butter Worth, Heinemann ltd . Oxford , 1999 P . 19 .

(4) Grimshaw , R. W : Op. Cit., P. 882 .

(5) Shepard , A . : Op. Cit., P. 103 .



فرن ذو جو مؤكسد أو مختزل يحدد لون الطفلة وبالتالي فإن هذه الظروف تحدد إذا كان الحديد يوجد في صورة حرة أو مرتبط مع السيليكات أو في طور زجاجي وعليه يختلف اللون اختلافا كبيرا . فمثلا الهالوسيت والكاولينيت لا تحتوى على الحديد كمكون أساسى في تركيبها لذلك يكون اللون الناتج هو الأبيض للمعدن النقى أو رمادى أما المعادن الأخرى فتحتوى على حديد وبالتالي فلا يوجد لون مميز يمكن الحصول عليه (1) .

والحديد في الطفلة الخام يجعلها حمراء أو ذات لون أصفر أو بنى إذا كان الحديد مؤكسد أو في صورة حديدك مثل الهيماتيت والليمونيت والجيوثيت . أما إذا كان الحديد مختزل مثل الطفلات التى تكون مغمورة في الماء فإنها تميل إلى اللون الرمادى أو الأسود (2) .

ويعتمد اللون النهائى للبدن المحروق على الحالة الكيميائية للحديد إذا كان مكتمل التأكسد أو حديدك " هيماتيت  $Fe_2O_3$  " والذي يعطى لون أحمر أو أحمر مائل للبنى ، أما الحديد في حالة الحديدوز مثل مركبات الكبريتيدات والكربونات والسيليكات أو وجود أكسيد الحديد المغناطيسى فإنه بالرغم من أن وجود هذه المركبات يكون نادرا إلا أنها تعطى لونا رماديا أو يتدرج من الرمادى إلى البنى . وتكتمل أكسدة الحديد بعد احتراق المواد العضوية الموجودة بالطفلة . ويصل الحديد إلى آخر مراحل الأكسدة بارتفاع درجة الحرارة لتصل إلى ٩٠٠ - ٩٥٠ م° . ويعتمد اللون الناتج على كمية مركبات الحديد الموجودة بالطفلة الخام فمثلا عند وجود مركبات الحديد بنسبة ١% فإنه يعطى لونا مائلا للأصفر وفي حالة زيادة نسبته لتصل إلى ١,٥ - ٣% فإنه يعطى لونا أحمر .

وهناك علاقة بين حجم جزيئات الطفلة والحديد المرتبط بها فكلما كانت الطفلة دقيقة فإن السطح يكون أكبر وبالتالي يتطلب ذلك كمية أكبر من الحديد لتغطى هذا السطح . وقد تعمل مركبات الحديد كمواد مصهرة عند درجات الحرارة المرتفعة خاصة عندما تكون دقيقة الحبيبات أو عندما تتعرض لجو مختزل أو جو غير مكتمل الأكسدة . وفي هذه الحالات فإن اللون الأحمر قد يتغير إلى اللون بنى مائل للأسود حيث أن تكون أطوار زجاجية تمنع استمرار الأكسدة ، والألوان الحمراء الناتجة عن أكاسيد الحديد تكون غير ثابتة إذا حرقت في درجة حرارة أعلى من ١٠٠٠ م° .

إن التحول من  $Fe_2O_3$  إلى  $FeO$  هو السبب في وجود اللون الأبيض في الخزف بارتفاع درجة الحرارة . كما أن ارتفاع نسبة الألومنيا  $Al_2O_3$  تجعل اللون فاتحا كما أن اتحاد الألومنيا مع

(1) Grim, R., :Applied clay mineralogy, M.c Graw-Hill Book Company, London, 1962, P.122 .

(2) Rice , P. M . : Op. Cit P. 333.



Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> عند درجة ٧٠٠° تعطى لون أحمر هذا بالإضافة إلى أن اللون الأصفر في الكاولينيت المحترق يعزى إلى دخول الحديد إلى شبكة الموليت (1) Mullite .

بالإضافة إلى ما سبق فإن وجود أو غياب الجو المؤكسد أثناء عملية أو مرحلة التبريد النهائى هام جدا حيث يعتمد عليها حالة أكسدة الحديد في الطبقات الخارجية ، وتزداد شدة لون الحديد وذلك عند وجود أكسيد التيتانيوم (2) .

## ب- المواد العضوية Organic Materials

إن الدور الذى يلعبه الحديد في تحديد لون البدن يبدأ في الظهور وذلك بعد أكسدة وخروج أى مادة عضوية ، فعندما تحتوى الطفلة على مادة عضوية وحرقت فإن الكربون يبدأ في الاحتراق والأكسدة ويخرج الكربون من الداخل إلى سطح للطفلة تدريجيا ويتفكك ويحترق في صورة CO<sub>2</sub> حيث تزال المادة العضوية الموجودة بالداخل تدريجيا وتستمر هذه العملية مع ارتفاع درجة الحرارة وفي الجو المؤكسد .

واعتمادا على كمية المادة العضوية ودقة حبيبات الطفلة فإن سطح الطفلة قد يصبح أسود اللون وذلك لأن الكربون يتحرك إلى السطح قبل الحرق الكامل ويحترق الكربون ببطء في الطفلة الناعمة أقل من حرقه في الطفلة الخشنة وذلك بسبب الحصار الذى تعمله فراغات المسام حيث الأكسدة وحركة الجزيئات الموجودة . وقد يظهر اللب بلون رمادى ووجوده قد ينتج من كميات كبيرة من المادة العضوية الأصلية الموجودة في الطفلة الخام أو من ترسب المواد الكربونية أثناء الحرق أو نتيجة الاثنين معا .

إذا كان اللب الداخلى ذو لون قاتم في المركز والأجزاء الأخرى من الجدار في المقاطع الرقيقة أسفل السطح ذات لون أفتح فإن ذلك يعنى أن المادة العضوية التى كانت موجودة في الطفلة الخام لم يتم التخلص منها تماما عند الحرق . ومن ناحية أخرى فإن ظروف الحرق والاستمرارية في الحرق وجو الحرق لم تكن مناسبة لأكسدة أو لاحتراق الكربون من الطفلة ، وظروف الحرق ضرورية لاحتراق المادة العضوية وهذا يختلف من طفلة لأخرى . ويعتمد هذا على نعومة طفلة البدن ونوع معدن الطفلة الموجود فالطفلة الخشنة تفقد كميات صغيرة من المادة العضوية بسرعة نسبية عند درجات الحرارة المنخفضة بينما في طفلة المونتيموريللونيت دقيقة الحبيبات ويوجد به مواد عضوية بكميات كبيرة يبقى بها بعض الكربون في اللب حتى بعد الحرق عند ٨٠٠° .

(1) Rice , P . M . ; Op. Cit P . 335 .

(2) Salmang , H. & Francis , M. ; Ceramics , London Butter worth , 1961 , P . 137.





وفى الجو الكامل الأكسدة فإن المادة العضوية يمكن أن تحترق من الطفلة عند بداية درجة الحرارة المرتفعة وذلك بسبب أن هناك أكسجين حر سائد فى الجو ليتحد مع الكربون . وفى بعض الأحيان يكون هناك تذبذب فى الأكسدة والاختزال وبالتالي ينتج أجزاء ذات لون فاتح وأخرى ذات لون قاتم فى المقاطع الرقيقة Thin – section (1).

وبالإضافة إلى الحديد والمواد العضوية فهناك كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$  الذى يساهم فى لون الطفلة المحروقة حيث يكون موجودا فى الطفلة وهذه التغيرات عادة ما تحدث عند درجات حرارة متوسطة الارتفاع حوالى  $800^\circ\text{C}$  أو أعلى حيث يتحلل ويعطى  $\text{CaO}$  الذى قد يتفاعل مع الطفلة ليكون سيليكات الكالسيوم "الولاستونيت" مع لون أصفر خفيف أو لون أبيض أما عند درجات الحرارة المرتفعة أعلى من  $1000^\circ\text{C}$  فإن الجير قد يتفاعل مع الحديد ليكون سيليكات الحديد والكالسيوم (2).

وعند الحديث عن ألوان البدن الخزف فإنه لابد من الإشارة إلى لون اللب core color وهو الجزء الداخلى ويكون أقل الأجزاء تعرضا لجو الفرن . فالقطعة التى تتميز بجزء داخلى رمادى أو أسود تحتوى على كربون ناتج من الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية فى البدن وعند احتراق هذا الكربون فإنه يأخذ الأكسجين وقد يؤدي هذا إلى اختزال موضعى Local Reduction للنسيج ويترتب عليه وجود اللون الرمادى . وباستمرار الحرق فإن الأكسجين الموجود فى جو الفرن قد يؤكسد عند الجزء الداخلى مما يؤدي إلى تكون ألوان بنية وحمراء (3).

وفى بعض الكسر يظهر لون اللب القاتم ويستخدم ذلك كطريقة لدراسة سلوك ودرجة حرق الفخار المنخفضه . وهذا النوع من اللب يدل على أن الفخار لم يحرق عند درجة حرارة كافية مع الأخذ فى الاعتبار درجة الحرارة واستمرارها وقد يدل هذا على عدم استخدام الفرن (4) . ويعتمد لون الخزف بصفة أساسية على نوع الطفلة المستخدمة بالإضافة إلى ظروف الحرق كذلك هناك تأثير بدرجة حرارة الحرق اعتمادا على كمية الهواء "الأكسجين" الذى يتغلغل إلى الفرن ويحدد اللون على الأسطح الداخلية والخارجية (5) .

---

(1) Rice , P .M. : Op. Cit P . 334 .

(2) Ibid : P . 336 .

(3) Orton , C. , Tyers , P., and Vince , A., : Pottery in Archaeology , Cambridge University, Press , 1993 , P . 68 .

(4) Matson , F . R : Op. Cit . ,P392.

(5) El- Sheltawy , H. M . : Op. Cit P . 39 .



وأشار Grimshaw 1971<sup>(1)</sup> إلى تأثير المادة التي تدخل كعامل ملون وكذلك الكمية التي توجد بها هذه المادة والحرق وظروفه بالإضافة إلى وجود شوائب أخرى في البدن قد تعدل اللون وكذلك طبيعة المادة المصهرة ومدى التزجج.

وقد أشارت Shepard 1985<sup>(2)</sup> إلى الاستنتاجات من اللون draw from color inferences وهذه الألوان والاستنتاجات من خلال مقاطع رقيقة .

#### **- مقطع لجدار مكتمل الأكسدة Fully Oxidized**

يكون اللون بسبب وجود أكسيد الحديد ويختلف من حيث اللون والقيمة مع كمية وحجم حبيبات وتوزيع الأكسيد مع نسيج وتركيب الطفلة.

**-ألوان فاتحة على السطح ورمادي في الجدار الداخلي**

#### **Clear colors on surface , Gray in wall interior**

يكون البدن غير مكتمل الأكسدة والاتحاد بين درجة الحرارة والوقت وتيار الهواء لم يكن كافيا لإتمام الأكسدة ومن المحتمل أن تكون الطفلة كربونية .

**سطح ذو لون رمادي خفيف وجدار داخلي ذو لون رمادي قاتم**

#### **Light Surface , Dark gray wall interior**

أكسدة جزئية وظروف احتراق غير كافية لإتمام الأكسدة وبعض الكربون يحترق من منطقة السطح ولكن الجزء الداخلي غير محترق ومن المحتمل أن تكون الطفلة كربونية وبها أكسيد الحديد .

**- لون بني فاتح إلى القاتم Brown , Light to Dark**

أكسدة كاملة أو غير كاملة حيث أن أكسيد الحديد يكون غير مكتمل التحول أو كامل التحول إلى أكسيد حديد .

**- لون رمادي فاتح متجانس Light gray uniform**

ظروف غير مؤكسدة أو مختزلة والظروف يمكن تمييزها بإعادة الحرق وذلك لتحديد درجة حرق الطفلة .

**- لون رمادي قاتم متجانس Dark gray uniform**

يكون جو الحرق مختزل و البدن مرتفع في نسبة المواد العضوية .

(1) Grimshaw , R . W. : Op. Cit P . 914 .

(2) Shepard , A . : Op. Cit P . 106 .



## - الأسود Black

غالبا يكون الجو مختزل يكون السطح أسود والمركز ذو لون أوضح .

- لون رمادي باهت مائل للأبيض Pale gray to whitish

غير مكتمل الأكسدة والطفلة تكون ذات محتوى حديد منخفض

- لون أبيض White

طريقة الحرق لا يمكن تحديدها والطفلة خالية من الحديد (1) .

## ٤- الخواص الحرارية Thermal Properties

تعد من الخواص التي تميز أدوات الإضاءة وذلك نظرا لطبيعة استخدام أدوات الإضاءة ودورات التسخين والتبريد لخامات هذه الأدوات ويقع السلوك الحراري للخزف تحت جزئين أولهما أثناء الحرق الأولى للطفلة وثانيهما أثناء استخدام القطعة المحروقة في وجود حرارة .

ونجد أن الحرارة في الحالتين تحدث تمدد وانكماش للأطوار المختلفة للخزف مما يؤدي إلى حدوث ضغوط خاصة إذا كانت هذه الأطوار متجاورة وهذه التفاعلات التي تحدث تغيرات حرارية تكون هامة خاصة بالنسبة للقطع التي يطبق عليها حرارة مثل أدوات الإضاءة ، وأحد هذه التفاعلات الحرارية للخزف هو الضغط الحراري Thermal stress وهو ضغط يحدث بسبب تفاعلات غير متساوية الحرارة تحدث للبدن ويزداد هذا الضغط الحراري بزيادة الحرارة لمكونات الخزف ولمعالجة ذلك يتم تقليل سمك الجدران وتقليل المكونات الحرارية Refractory materials وبالتالي تقل الضغوط ويمكن أيضا تقليل هذه الضغوط بالتعديل في شكل القطع وذلك لاستبعاد الزوايا ، هذا بالإضافة إلى الدور الأساسي في تقليل الضغوط الحرارية الذي يرجع إلى مكونات الخزف وذلك بصفة خاصة للمواد المعدلة Temper حيث أن بعض المواد تتميز بمعامل تمدد حراري منخفض أكثر من مواد أخرى ولحل مثل هذه المشاكل يجب استخدام إضافات تكون ذات معاملات تمدد تشبه أو أقل من معامل تمدد الطفلة ومن هذه المواد مسحوق الفخار Grog والكالسيت Calcite والزركون Zircon والفلسبار Feldspar . وكذلك لتحسين مقاومة الضغط الحراري يتم زيادة نسبة المسامية ، حيث أن المسام تسمح بمرونة البدن عند التمدد المفاجئ للمواد. فعند إعادة التسخين والتبريد للمواد المسامية تجعلها تفقد القوة تدريجيا وبالتالي تقاوم التشوه الحراري (2) .

(1) Rice , P . M . : Op. Cit P . 363 .

(2) Ibid : P . 228 .



كذلك فإن الضغوط الحرارية ترجع إلى الشد الذي ينتج عن التغير في درجة الحرارة ويرتبط هذا بمقاومة البدن للصدمة الحرارية وسيتم توضيحه فيما بعد (1) .

وقبل الحديث عن العوامل المؤثرة في الخواص الحرارية وكذلك العلاقة بين الخواص الحرارية وباقي الخواص فإن هناك ثلاثة مصطلحات يجب إلقاء الضوء عليها وهذه المصطلحات أو الخواص تفسر الخواص الحرارية وهي :

#### أ - التمدد الحرارى Thermal expansion

والتمدد الحرارى مصطلح يستخدم لوصف التغير في الأبعاد التي تحدث بارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة ويتوقف التمدد الحرارى على قوة الروابط بين الذرات وترتيب الذرات فى المادة (2) .

كما أن التغيرات فى الأبعاد والتي تحدث باختلاف أو تغير درجة الحرارة ذات أهمية كبيرة خاصة عندما يكون مطلوب خزف مقاوم للصدمة الحرارية مثل أدوات الإضاءة حيث يجب أن يقل معامل التمدد الحرارى كلما كان ذلك ممكنا وذلك لتقليل الضغوط الناتجة من الحرارة . ويتميز الخزف بأنه يحتوى على مواد ذات معامل تمدد حرارى منخفض ومواد أخرى مرتفعة معامل التمدد الحرارى بالإضافة إلى ذلك فإن الأطوار السائدة لها علاقة بالتمدد الحرارى حيث نجد أن الكريستوباليت  $\text{SiO}_2$  Cristobalite الذى يوجد فى مدى حرارى  $200 - 250^\circ\text{C}$  يكون مصاحباً بزيادة فى الحجم قدرها ٥% بينما فى حالة الكوارتز  $\text{SiO}_2$  Quartz الذى يوجد بالقرب من  $573^\circ\text{C}$  فإنه يصاحب بزيادة فى الحجم قدرها ٢% فقط (3) .

كذلك فإنه اختلاف الشكل البلورى له تأثير على التمدد الحرارى فالبلورات المكعبة يحدث لها التمدد على مختلف المحاور ويكون متساوى أما البلورات غير متساوية الأطوال فإن التمدد الحرارى لها يختلف (4) .

ويرتبط التمدد الحرارى بشيء هام جدا هو معامل التمدد الحرارى Coefficient of thermal expansion وهو قد يكون خطيا أو حيميا وهو يعبر عن قياس الزيادة المصاحبة للتسخين و يعبر عن كمية التغير بالوحدة لكل درجة سيليزية . فالمواد عندما تطبق عليها الحرارة فإنه يحدث حركة الأيونات والذرات مما يؤدي إلى تمدد الشبكة البلورية فمعامل التمدد الحرارى يتأثر بدرجة الحرارة ونجد أن التمدد الحرارى فى بعض المعادن استرجاعى حيث يحدث انكماش

(1) Ibid : P . 104 .

(2) Richardson, D. W.: Modern Ceramic Engineering, Marcel Dakker, U.S.A, 1992,P. 149.

(3) McMillan, P.W.,: Glass-Ceramic, second edition Academic press, London, 1964, P.180.

(4) Kingery, W.D. , : Introduction to Ceramics John Wiley & Son, USA , 1960 , P . 469 .





عند التبريد <sup>(1)</sup> . وحيث أن الضغوط الحرارية ترتبط بطريقة مباشرة بالتمدد الحرارى فيبقى معامل التمدد ثابت نسبيا عند معدلات درجات الحرارة المختلفة وذلك فى البدن المتجانس إذا لم تحدث تغيرات طورية أو مغناطيسية كما فى السليكا والزركون، ويختلف معامل التمدد باختلاف المواد وبذلك يكون العامل الرئيسى المؤثر فى الضغوط الحرارية <sup>(2)</sup> . ويجب معرفة معامل التمدد وذلك عند تكوين التزجيج بصفة خاصة ليناسب البدن المطبق عليه <sup>(3)</sup> .

### ب - التوصيل الحرارى Thermal Conduction

ويرجع ذلك إلى معدل أو سهولة مرور الحرارة خلال المادة تحت درجة حرارة معينة وانتقال الحرارة يكون فى ثلاثة أبعاد ويتدخل فى ذلك كل من اتصال الحبيبات والمسام وكذلك التغير فى التركيب، وحيث أن الخزف عديد الأطوار ومتبلور ومسامى فإنه يعتبر موصل ضعيف وتنقل الحرارة خلاله ببطء وهذا يعنى المقاومة المرتفعة للحرارة <sup>(4)</sup> . ويرتبط انتقال الحرارة من خلال السطح بالمعدل الذى تنتقل به الحرارة أو تقطع به الحرارة الحدود بين مادتين <sup>(5)</sup> .

ويتأثر التوصيل الحرارى بعدة عوامل وأكثر هذه العوامل هو تركيب الخزف مع الأخذ فى الاعتبار الوظيفة المطلوبة للقطع الخزفية المنتجة وكذلك هناك المعالجة الحرارية المسبقة ونسيج الخزف من مسام وأحجامها وتوزيعها <sup>(6)</sup> .

### ج - الصدمة الحرارية Thermal Shock

وهى من أهم الخواص التى تميز أدوات الإضاءة الخزفية وتعتبر مقاومة الصدمة الحرارية هى قدرة أو البدن على مقاومة التغيرات المفاجئة فى درجة الحرارة أو دورات التسخين السريع والتبريد بدون حدوث تلف أو تشرخ ويجب أن تتوفر هذه الخاصية بعد الحرق ولذلك لكى تلائم الوظيفة التى صنعت من أجلها أدوات الإضاءة وترتبط مقاومة الصدمة الحرارية بطبيعة التمدد الحرارى للمواد التى صنعت منها القطعة <sup>(7)</sup> .

وتنتج الصدمة الحرارية بارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها حيث أن جانب يتمدد أكثر من جانب آخر حتى ينتج ضغوط شد ولتقليل تأثير الصدمة الحرارية يجب أن يحتوى البدن على

---

(5) Rice , P . M . : Op. Cit P . 364 .

(1) Kingery, W. D . : Factors affecting thermal stress resistance of ceramic materials in J. Am , Ceram. , Soc . Vol . 38 1955 . P.11 .

(2) Peterson , S . : The craft and art of clay , London 1995 . P . 331 .

(3) Rice , P . M . : Op.. Cit., P. 364 .

(4) Case, E. D.,: Heat transfer Coefficient Estimation from thermal shock in 26<sup>th</sup> Annual conference on composites, Advanced ceramics by the American ceramic society, 2002 P.149.

(5) Grimshaw , R. W . : Op. Cit P . 935 .

(6) Friedman , R . F . : Op. Cit P . 258 .



مكونات منخفضة التمدد وتكون في معدل يصل إلى  $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  وبالتالي يكون البدن مقاوم للصدمة الحرارية (1) .

ومن العوامل المؤثرة في الصدمة الحرارية قوة البدن والتوصيل الحرارى وكذلك معامل التمدد الحرارى (2) . وتتوقف الصدمة الحرارية أيضا على شكل وحجم البدن بالإضافة إلى توزيع درجة الحرارة وطريقة التسخين والتبريد حيث العلاقة وثيقة الارتباط بين الخواص الفيزيائية للبدن ككل ومقاومة الصدمة الحرارية (3) وكان لانتشار استخدام الخزف فى الطهى والإضاءة دورا فى الاهتمام بالصناعة وكذلك الاهتمام بالشكل للتغلب على مثل هذه المشاكل (4) .

وحيث أن الخزف موصل غير جيد للحرارة عند استخدام أدوات الإضاءة لذلك عند ارتفاع درجة الحرارة فإن الجزء الخارجى يصبح أكثر سخونة من الجزء الداخلى وبالتالي فإن هذا الجزء يتمدد أكثر من الجزء البارد وينتج عن ذلك ضغوط شد على الجزء البارد وعندما تزداد هذه الضغوط فإن قوة الشد للبدن الخزفى ينتج عنها شروخ فى الجزء الداخلى البارد بالإضافة إلى ذلك فإن هناك شئ هام بالنسبة لمقاومة الصدمة الحرارية وذلك يرتبط بالمواد غير اللدنة وهو :-

- توزيع المسامية Porosity contribution وذلك لأنها توقف الشروخ فى جدران القطعة عندما تقابل الشرخ فى فتحة مسام كبيرة (5) .

#### العوامل المؤثرة فى الخواص الحرارية :

مما لا شك فيه أن عدد وحجم المسام أو الفراغات هامة بالنسبة لمقاومة التغيرات الحرارية والشروخ التى تتكون نتيجة الضغوط الحرارية التى تقف عن الانتشار عندما تصل إلى مسام واسعة. ويمكن زيادة حجم وعدد المسام وذلك بإضافة مواد عضوية مثل التبن أو القش وهذه المواد تحترق و تترك فراغات واسعة ، كما أن وجود مواد أخرى فى الطفلة تعتبر مشكلة لأنها قد تتمدد بمعدلات تختلف عن الطفلة مما يؤدى إلى وجود ضغوط إضافية على القطعة ، والمعادن التى تتميز بمعدلات تمدد تشبه أو أقل من الطفلات تعتبر مناسبة لتجنب الضغوط الحرارية وهى تشمل ، الفلسبارات البلاجيوكليزية الأخرى (6) . كذلك فإنه إذا لم يكن البدن متجانس خاصة فى البدن متعدد البلورات وغير المتشابه فى الخواص فإن الضغوط سوف ترتفع نتيجة

- 
- (1) Fraser , H , : Ceramic Faults and their Remedies London . A &C Black , 1986 , P . 53
  - (2) Schwartz, M, : Hand book of structural Ceramic McGraw-Hillinc , USA,1992, P. 222.
  - (3) Crandall , W . , B . , and Ging , J . , : Thermal shock Analysis of Spherical Shapes , in J- Am . ceram . Soc . vol (39) 1955 , No . 1 P. 44 .
  - (4) Amberg ,C . , R . , and Hartsook , J . , : Effect of design factors on thermal – shock Resistance of Cooking ware ,J. Am . Ceram . Soc., Bul , vol (25) No 11, 1946, P. 448.
  - (5) Arnold, D. E.: Ceramic Theory and cultural Process Cambridge University Press, 1999, P.23.
  - (6) Sinopoli, C. M. : Op. Cit P . 14 .



الاختلاف في التمدد بين الأطوار والبلورات ويعتمد ذلك على معامل التمدد للمكونات وتحدث هذه الضغوط أيضا نتيجة الاختلاف في التمدد بين التزجيج والبدن المطبق عليه (1) .

بالإضافة إلى ذلك فإن درجة الحرارة شكل وأبعاد القطعة لها تأثير على خصائص انتقال الحرارة بالمادة (2) .

ومن خلال الربط بين المسامية والخواص الحرارية نجد أن التغير الحراري يقل بزيادة المسامية وكذلك فإن التغيرات في المسامية تكون مصاحبة بتغيرات في حجم البلورة وحجم المسام والتركيب والمحتوى الزجاجي ، وتعتمد مقاومة الضغوط الحرارية على اتحاد القوة والمرونة والتوصيل الحراري والتمدد الحراري (3) .

و يجب الحذر من نقطتين عند تفسير هذه الخصائص وهما :

١ - أنه بالرغم من الاتصال أو العلاقة بين هذه الخواص ومتطلبات الاستخدام مثل " معامل التمدد الحراري في أدوات الإضاءة " فإن هذا لا يعنى بالضرورة ان العلاقة كانت معلومة بالنسبة للخزاف أو على دراية بها .

٢ - الاختلافات بعد عمليات الاستخدام الأولية أو الثانوية حيث أن الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية قد تتغير بالنسبة للكسره التي تم اكتشافها عن تلك القطع المحروقة حديثا حيث أنها استخدمت لسنوات عديدة ودفنت في الأرض وتعرضت للتغير (4) .

#### ٥ - الصلادة Hardness

الصلادة هي إحدى الخصائص التي يمكن من خلالها التعرف إذا ما كان الخزف جيدا أم لا. والصلادة تعنى المقاومة للتغلغل أو الكشط أو السحق ، فالصلادة من الخصائص الفيزيائية الشائعة التي ترجع إلى قوة ودوام الخزف ويرجع ذلك إلى درجة التزجج التي تعكس درجة الحرارة، وتتفق الصلادة مع القوة في أن كل منهما يعبر عن مقاومة المادة للتشوه الميكانيكي لكن الصلادة تشمل السطح أما القوة فتشمل الجزء الداخلى للبدن (5) .

ومن العوامل المؤثرة في الصلادة ظروف الحرق وأنواع الشوائب الموجودة ، وبصفة عامة تزداد الصلادة بزيادة درجة حرارة الحرق وتتأثر بجو الفرن فالاختزال يزيد من صلادة

---

(1) Kingery , W . D . : Op. Cit P . 3 .

(2) Barboddy , E . , M . , etal : Effect of Shape on thermal fracture J . Am. Ceram. Soc, vol (38) No 1, 1955 , p . 38 .

(3) Coble , R. L . and Kingery W.D. : Effect of porosity on thermal stress fracture , J . Am . Ceram . Soc . vol (38) No 1 , 1955 , P . 33 .

(4) Rice , P . M . : Op. Cit , P . 347 .

(5) Shepard , A . : Op. Cit , P . 113 .





القطعة المحروقة وذلك لأن مركبات الحديد تتفاعل مع الكربونات أو السليكا معطية مادة مصهرة قوية وطور زجاجي عند درجة حرارة أقل من المعتاد . وتعمل الشوائب كمواد مصهرة عند درجة الحرارة المنخفضة حيث يبدأ التفاعل وهذا يزيد صلادة المواد المحروقة ، وكذلك فالخزف و hgjv;df الدقيق الحبيبات الذى يكون عديم المسام بصورة نسبية يعطى مقاومة أكبر للتغلغل والكشط وبالتالي يكون أقوى أو أكثر صلادة من المواد المسامية الخشنة .

كذلك فإن معالجة السطح مثل الصقل سوف تملئ الفراغات الموجودة بين الجزيئات على السطح لتصبح أكثر صلابة وأكثر مقاومة كذلك التغطية بالبطانة أو التزجيج يجعلها أكثر صلادة وأكثر مقاومة للتآكل من البدن الطفىلى (1) .

أما Rice 1987 (2) فيذكر أن الصلادة مثل اللون تعتمد على اتحاد العوامل المختلفة وأكثر هذه العوامل أهمية هي ظروف الحرق وأنواع الشوائب الموجودة وملامح التركيب الدقيقة وكذلك معالجة السطح . فالشوائب الموجودة فى الطفلات تزيد صلادة القطعة المحروقة إذا تفاعلت كمادة مصهرة وتخفض درجة الحرارة التى يبدأ عندها التليد وبالتالي التزجج الذى يؤدى إلى زيادة الصلابة وكذلك تؤدى إلى بدن زجاجي يقاوم التشوه السطحى بجانب مركبات الحديد التى تسبب تليد تحت الظروف المختزلة . فالمكونات المختلفة للمعادن القلوية تشمل مركبات الصوديوم والبوتاسيوم قد تتفاعل كمواد مصهرة بينما هناك شوائب أخرى مثل الأملاح قد تقلل الصلادة للسطح إذا تركزت على السطح ، بينما ملامح التركيب الدقيق MicroStructural Features تؤثر فى الصلادة وهذا يشمل حجم الحبيبات والمسامية للقطعة المحروقة . فالحبيبات الدقيقة تكون بصورة نسبية غير مسامية وبالتالي تحسن المقاومة للتغلغل والكشط والكسر وبالتالي تكون أكثر صلادة ومقاومة من المادة المسامية أو الخشنة وكذلك معالجات السطح التى تؤدى إلى ضغط وتنعيم الجزيئات على السطح وبالتالي تزداد الصلادة .

#### ٦ - الكثافة Bulk density

الكثافة هي نسبة الوزن إلى الحجم وذلك بما يشمل المسام لذلك فإن الكثافة تتغير بالتغير فى الحجم . و تتأثر الكثافة بالمسامية وكمية الفراغات والمسام وكذلك فإنها تتأثر قبل كل ذلك بدرجة الحرارة ومعدل الحرق الذى يرجع إلى نوع المواد الخام والغرض من الاستخدام (3) .

(1) EL Sheltawy , H. M. Op. Cit P . 40 .

(2) Rice , P. M. : Op. Cit., P . 354 .

(3) Abd El Ghafour, N . G. Ceramic properties of some types of Egyptian clay deposits and possibility of their modification , PHD , Building , Housing and planning Research center , Cairo , 1995 , P . 57 .





وتؤثر أكاسيد الحديد في الكثافة حيث أن الكثافة تزداد بزيادة نسبة هذه الأكاسيد بينما تقل الكربونات من قيمة الكثافة وكذلك فإن الكثافة تتغير نتيجة التغيرات التي تحدث للمواد الموجودة في الطفلة و حدوث التحلل للمكونات وكذلك التبلور والتفاعلات الكيميائية (1) .

وتتأثر الكثافة أيضا بالمكونات البلورية والأطوار الزجاجية الموجودة والتي تحدد الكثافة فمثلا الكوارتز يوجد كطور زجاجي أو كسليكا حرة في شكل كرسيتوباليت أو كوارتز أو تريديميت وكثافة الكوارتز ٢,٦٥ جم / سم<sup>٣</sup> أما الكرسيتوباليت ٢,٣٢ جم / سم<sup>٣</sup> أما التريديميت ٢,٢٦ جم / سم<sup>٣</sup> لذلك فإن التغير في كمية هذه البلورات يكون لها تأثيرا واضحا وملحوظا على الكثافة (2) .

## ٧ - التركيب الدقيق Microstructure

تعد أعطى Rice 1987 (3) تفسيراً جيداً للتركيب الدقيق للخزف حيث أعطى أربع مصطلحات تناقش التركيب الدقيق وهي التركيب Composition الذي يرجع إلى طبيعة الأطوار المتبلورة أو غير المتبلورة والمسام أو النسيج texture الذي يعبر عن وظيفة حجم وشكل وترتيب الأطوار أما التركيب البنائي Structure فهو يرجع إلى ترتيب الأطوار وأخيراً طبيعة السطح Surface characterization وتشمل كل الملامح التي يمكن ملاحظتها على الأرضية مثل الصقل.

وللتركيب الدقيق أهمية كبيرة بالنسبة لمقاومة الضغوط الحرارية حيث أنه في القطع الكبيرة يمكن التحكم فيه بواسطة الصانع ومن العوامل المؤثرة في التركيب الدقيق حجم الحبيبات و المسامية . حيث أن المواد دقيقة الحبيبات تتميز بكثرة الحدود عنها في الحبيبات الخشنة لذلك تكون أكثر مقاومة للحرارة وأقل توصيلاً للحرارة ، كذلك فإن الحبيبات الأصغر والمسامية المنخفضة تجعل الخزف أكثر قوة .

ويعرف الخزف من الناحية الهندسية بأنه مادة تتكون من أكثر من طور وهذه الأطوار هامة حيث أنها تتغير مع تغير حالة الخزف الفيزيائية والكيميائية عند الحرق والتبريد . والترتيب المعقد لهذه الأطوار في الخزف يطلق عليه التركيب الدقيق Microstructure ، كما أن الخصائص المرتبطة بالاستخدام ترتبط بالتركيب الداخلي وتتميز بظاهرتين وهما ترتيب الذرات داخل التركيب "المكونات" وترتيب المكونات بالنسبة لبعضها البعض وتتميز الأخير بأهميتها بالنسبة للخواص الفيزيائية والحرارية وذلك لأن الخزف يتميز بمكوناته المتعددة . بالإضافة إلى ذلك فإنه في الخزف منخفض الحرق فإن أول شيء يحدد التركيب الدقيق هو المواد الخام وتقنية الصناعة مثل الحرق

(1) Shepard , A. : Op. Cit P. 137 .

(2) McMillan , P.W. : Op. Cit P . 129 .

(3) Rice , P.M. : Op. Cit , p . 248 – 348 .



وبعض التغيرات في الأطوار مثل التلييد sintering بينما في الخزف مرتفع الحرق فإن الاختلاف والتغير في الأطوار نتيجة التزجج وتكون بعض المعادن عند درجات الحرارة المرتفعة (1) .

#### ٨ - النسيج "Fabric" Texture

إن دراسة نسيج الخزف تتم للأبدان الخزفية التي صنعت من الطفلة ويمكن تقسيم الخزف حسب نسيجه إلى نسيج ناتج من درجة الحرق وظروفه ونسيج ناتج عن المشتملات Inclusions ونسيج ناتج عن مادة الطفلة Clay Matrix .

وهذه الأرضية Matrix تتكون من معادن الطفلة التي أقل من ٠.٠٠٢ مم وجزء آخر هو المشتملات التي تكون أكبر من ذلك وهناك المشتملات الخشنة التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة أو باستخدام الميكروسكوب (2) .

وقد أوضح Grimshaw 1971 (3) أنه من الصعب وضع معنى محدد للنسيج هذا نظرا لاتساع واختلاف معناه حيث يعطى خصائص التركيب و تشمل شكل وحجم الحبيبات الفردية و درجة وترتيب هذه الحبيبات و كثافة الكتلة .

ويقال أن النسيج خشن عندما تكون الحبيبات كبيرة ، ومما لا شك فيه أن شكل الحبيبات هي العامل الأول الذي يحدد النسيج وينقسم إلى :-

أ - الحبيبات المسطحة ذات شكل الألواح أو الصفائح Flaky or plate like Particles وهي الحبيبات التي تتكون من طبقات .

ب - البلورات الابريه Needle or lath-shaped crystals

وهي موجودة في بعض مواد الخزف مثل الهالوسيت ، الدولوميت وأيضا الموليت الذي يعد أحد نواتج الالومنيوسيليكات المحروقة والنسيج الناتج يعتمد على ترتيب الحبيبات الفردية ولكن في معظم الأحيان يتميز التركيب الأبرى بأنه ذات نسيج مفتوح open texture .

ج - الحبيبات ذات الزوايا الحادة Angular grains

وهي منتشرة في الخزف وهي النتيجة الطبيعية للطحن والنسيج الخزفي يكون من الصعب التنبؤ به ويعتمد على حجم الحبيبات والترتيب .

(1) Rice , P . M . : Op. Cit P . 348 .

(2) Orton,C., etal :Op. Cit P. 87 .

(3) Grimshaw , R . W . : Op. Cit P. 405 .



## Rounded grains

## د - الحبيبات الدائرية

وهي توجد في الرسوبيات كنتيجة لعمليات النقل .

## Thickness

## ٩ - السمك

يرجع سمك جدران القطعة الخزفية إلى حجمها ومحتواها والهدف المقصود من استخدامها حيث أنها تتغير من قطعة إلى أخرى ، كذلك فإن سمك الجدار في نفس القطعة قد يختلف من جزء لآخر فالجزء مثل القاعدة يعتبر جزء مدعم ، الرقبة ، الحافة ، المقابض ، كذلك الاستخدام له تأثير على السمك <sup>(1)</sup> . ويعتمد ذلك أيضا على الخواص المختلفة مثل القوة وخواص الطفلة نفسها فإذا لم تكن الجدران قوية بما فيه الكفاية فإن القطعة قد تلتوى وتلتف وذلك أثناء الجفاف ولكن في حالة أدوات الإضاءة فإن السمك القليل مطلوب وذلك لأنه يزيد من مقاومة الصدمة الحرارية <sup>(2)</sup> Thermal shock .

---

(1) EL Sheltawy , H . M . : Op. Cit P . 40 .

(2) Rice , P.M. : Op. Cit P . 227 .



# الفصل الثالث

عوامل ومظاهر التلف

التي تتعرض لها أدوات الإضاءة الخرفية





ينتج التلف من عدم التوازن بين المواد الأثرية و الظروف السائدة في بيئتها المحيطة حيث تتغير المكونات الكيميائية نتيجة عملية التلف <sup>(1)</sup> ، ويعتمد معدل التلف على درجة التجوية ومقاومة الخزف لهذه التجوية ومساحة السطح المعرض لعوامل التلف <sup>(2)</sup> ، ويتميز الخزف بمقاومة عالية وذلك بالمقارنة بكثير من المواد الأثرية الأخرى <sup>(3)</sup> حيث أن المواد السيلكاتية قليلة التلف <sup>(4)</sup> .

ويمكن دراسة تلف أدوات الإضاءة الخزفية من خلال عوامل ومظاهر التلف .

### أولا :عوامل التلف

ويمكن تقسيم عوامل تلف أدوات الإضاءة الخزفية إلى أربعة مراحل هي :-

١ - عوامل تلف مرتبطة بالتقنية .

٢ - عوامل تلف مرتبطة بالاستخدام " الوظيفة " .

٣ - عوامل تلف ناتجة عن الدفن في التربة .

٤ - عوامل تلف يتعرض لها الأثر بعد الكشف عنه .

### ١ - عوامل تلف مرتبطة بالتقنية

يحدث التلف للقطع الخزفية أثناء عملية التصنيع وقبل الاستعمال حيث ان لاختيار المواد الخام دور كبير في الوقاية من التلف ، فمثلا إذا احتوى البدن على كمية غير كافية من المادة المألئة filler يؤدي ذلك إلى حدوث جفاف سريع وينتج عن ذلك شروخ وقد يؤدي ذلك أيضا إلى تهشم البدن .

أما بالنسبة للبدن الذي يتميز بمحتوى مرتفع جدا من الكوارتز وتم حرقه عند درجة حرارة منخفضة فإن الكوارتز لا يكتمل انصهاره كذلك هناك الضغوط الناتجة عن تمدده وانكماشه <sup>(5)</sup> .

وللمكونات المعدنية دور هام في تلف أدوات الإضاءة الخزفية حيث تؤدي الزيادة في نسبة الألومينا Alumina إلى زيادة لدونة الطفلة وبالتالي التعرض للالتواء والانكماش عند التجفيف

(1) Goffer , Z.; Archaeological Chemistry , John Wiley & sons U.S.A , 1980 . P . 239 .

(2) Abd El Hady . W., W. ; The structural damage of the building stones as effects of the physio-chemical factors, second International course on stone decay and conservation , Bari , Italy ,1995 ,PP.101-113.

(3) Rosvall.J.; Air Pollution and conservation in Durability of Building Materials,1988, P.229

(4) Winkler , E. , M . ; Problems in the deterioration of stone, in conservation of Historic stone buildings and monuments , National academy press , Washington , 1982 , P . 108 .

(5) Buys , S. & Oakely , V.; Conservation and Restoration of ceramics , Butterworth – Heinemann ,ltd., Oxford , 1999 , P. 20 .



بالإضافة إلى جعله أكثر صلابة وهو ما يؤدي إلى حدوث انكماش حرارى كبير (1) .

أما السليكا Silica فتوجد فى كل الطفلات مرتبطة كيميائيا بالألومنيا والماء أو فى حالة مستقلة كرمل وهو ما يؤدي إلى صلابة المنتج النهائى حيث أنها مادة ثابتة ومقاومة للحرارة وتمنع الالتواء warping وتقلل الانكماش shrinkage كما أن ارتفاع نسبة السليكا يؤدي إلى زيادة المسامية وذلك بسبب حدوث تمدد لحبيبات الرمل نتيجة الحرارة مما يؤدي إلى تغيرات بلورية ، ويحدث التغير المفاجئ عند درجات حرارة ثابتة محدثا فراغ حول كل حبيبة من الحبيبات مؤديا إلى نوع من المسامية المستمرة .

تعمل السليكا المنصهرة عند درجات الحرارة العالية كمادة تشحيم lubricant بين الحبيبات مؤدية إلى تحركها معا ويؤدي التوتر السطحي surface tension إلى جعل الحبيبات تعيد ترتيب نفسها بتأثير القوى الشعرية وإعادة التبلور. وكلما زادت درجات الحرارة كلما أصبحت المسام أكثر دائرية بسبب ملء المسام الصغيرة بالسليكا المنصهرة .

ويعد استخدام المواد العضوية عاملا مساعدا في زيادة نسبة المسام بالبدن أو حدوث شروخ دقيقة أثناء الانكماش فى حين أن تواجد المواد الجيرية فى الطفلات تتحكم فى درجة الصهر لذلك فهى إحدى المواد المصهرة Fluxes أثناء عمليات الحرق وتعمل على ربط حبيبات بدن أدوات الإضاءة الخزفية لتعطيها التماسك ، كما أنها تقلل من الانكماش الناتج عن التجفيف ، وإذا زادت نسبتها فى الطفلة فإن البدن يكون ضعيفا وهشا .

أما أكسيد الماغنسيوم Magnesia MgO فيؤثر فى اللون ويعطى لونا أصفرا باهتا. ويؤثر أيضا أكسيد الحديد فى اللون وكذلك تغير الحالة الموجود عليها يؤثر فى تلف الخزف (2)

ومما سبق يتضح الدور الذى تلعبه المكونات المعدنية لأدوات الإضاءة الخزفية فى إحداث مظاهر تلف مختلفة تعتمد على سلوك هذه المكونات أثناء مراحل الصناعة المختلفة . وخاصة عملية الحرق ويؤدي ذلك إلى حدوث مظاهر تلف داخلية (3) .

ولا يمكن إغفال التلف الذى يحدث أثناء مرحلة التشكيل والتجفيف والحرق بعد ذلك ، حيث يحدث تحول لمادة الطفلة من مادة لدنة إلى مادة صلبة سهلة الكسر حيث تفقد هذه الخاصية بلا

---

(1) أحمد صلاح عطية : دراسة علاج وصيانة المنشآت الأثرية المشيدة بالطوب الأحمر تطبيقا على إحدى المنشآت الأثرية الرومانية بمنطقة تل الفرما بشمال سيناء رسالة ماجستير . قسم الترميم - كلية الآثار - جامعة القاهرة ، ٢٠٠٢ ، ص ١٦٤ .

(2) Warren , J . ; Conservation of Brick . Butter worth , Heinmann , Oxford , 1999 , P.92 .

(3) أحمد صلاح عطية : المرجع السابق . ص ١٦٤ .



رجعة عند الحرق . كما أن عملية التشكيل تجعل القطعة محملة بضغط داخلى كبيرة تؤدي مع الزمن إلى حدوث تشققات وشروخ (1) .

وهناك بعض المشاكل التى تحدث نتيجة عملية التجفيف غير السليمة مثل الانكماش غير المتساوى وما يترتب عليه من ضغوط بالبدن والضغط المختلفة الناتجة من عملية التشكيل بالإضافة إلى معدل التبخر السريع للماء داخل البدن (2) أما الحرق وتأثيره المتلف فلا يقتصر على الحرق المنخفض فقط ولكن يمكن أن يحدث التلف عند الحرق فى درجات حرارة مرتفعة جدا لا يتحملها البدن (3) .

وتسبب الحرارة ضغوطا داخلية فى البدن ، وكلما كانت هذه الضغوط الحرارية كبيرة فإنها تسبب انتشار الشروخ وبالتالى يؤدي ذلك الى ضعف قوة البدن (4) وقد أشارت Smith (5) (1996) إلى العلاقة بين محتوى البدن من الكوارتز والحرق حيث أن البدن المحتوى على نسبة عالية من الكوارتز وتم حرقه فى درجة حرارة منخفضة تظل نسبة كبيرة من الكوارتز غير مندمجة، وعندما يصل الى درجة التغير فى الصورة البلورية فى مرحلة التبريد فإن الكوارتز المتبقى يتعرض للانكماش مما يؤدي إلى نشأة ضغوط داخلية ، ويصاحب هذه الضغوط تكون شروخ ومسام حول حبيبات الكوارتز ، وبالنسبة للترجيح glaze فإن قوة الربط بينه وبين البدن قد تكون غير كافية وقد يؤدي ذلك إلى حدوث تقشر أو تشقق للترجيح حيث أن كل من البدن والترجيح ينكمش بطريقة مختلفة عند التبريد .

فإذا كان معامل تمدد البدن أكبر من معامل تمدد الترجيح فإن البدن ينكمش أكثر من الترجيح وإذا حدث العكس فإن الترجيح يتعرض لضغوط شد قوية مما يؤدي إلى تشققه (6) .

---

(1) رجب أبو الحسن محمد : دراسة علاج وصيانة الآثار المستخرجة من الحفائر تطبيقا على منطقة حفائر تل حسن داوود عصر ما قبل الأسرات . رسالة ماجستير . قسم ترميم الآثار . كلية الآثار . جامعة القاهرة . ٢٠٠١ ص ٨٣ .

(2) Grimshaw . R. W. ; The chemistry and physics of clays and other ceramic materials, 4<sup>th</sup> (ed.), : John Wiley & Sons , Newyork , 1971 , P . 557 .

(3) Hamilton , D. ; Architectural ceramics , Thamos & Hudson , 1978 , P . 43 .

(4) Watchman , J. B. ; Mechanical properties of ceramics, John Wiley & Sons, New York, 1996 , P . 247 .

(5) Smith , S.; The Manufacture and conservation of Egyptian faience , in : The 11<sup>th</sup> triennial meeting ICOM committee for conservation, Edinburgh , Scotland , 1996 Vol 2 PP . 845-850 .

(6) Salmang , H. and Francis , M . ; Ceramics , London , Butter Worth , 1961 , P . 183 .





ومما سبق يتضح عدم التجانس فى مكونات أدوات الإضاءة الخزفية وذلك من حيث طبيعتها وتماسكها وأشكالها البلورية وبالتالي فإن هذه القطع تتعرض للتلف بمرور الوقت بسبب تفاعل هذه المكونات مع عوامل وقوى التلف المختلفة (1) .

## ٢ - عوامل تلف مرتبطة بالاستخدام "الوظيفة" Function

مما لا شك فيه أن الوظيفة تلعب دورا هاما فى تلف أدوات الإضاءة الخزفية حيث أن الوظيفة هنا تتطلب استخدام زيت وكذلك الحرارة الناتجة عن الإضاءة ، ويؤدى ذلك إلى زيادة سرعة معدل التلف (2) .

وتعد الحرارة هى العامل الأساسى للتلف الناتج عن الوظيفة . وتعتبر الحرارة أهم قوى التجوية ويصل تأثيرها أقصى مداه وذلك عند تذبذبها وتباينها فى الارتفاع والانخفاض (3) .

وقد أشار Lay (4) (١٩٩١) إلى أن مقاومة البدن الخزفى لدرجة الحرارة يعتمد بصورة جزئية على نقائه ، فكلما ازداد البدن نقاءً كلما كان أكثر قدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة كذلك فإنه لا يمكن إغفال الدور الذى تلعبه الصدمة الحرارية thermal shock التى تؤدى إلى حدوث تلف داخلى ، وترتبط الصدمة الحرارية بمعدل مرور الحرارة من خلال الحدود بين خامات الخزف الداخلية وتؤدى الصدمة الحرارية إلى حدوث شروخ كبيرة Macrocracks وكذلك شروخ دقيقة Microcracks ويؤدى ذلك إلى تغيير الخواص المختلفة للبدن (5) .

ويؤدى اختلاف درجات الحرارة ودورات التسخين والتبريد إلى تكرار تمدد وانكماش الحبيبات المعدنية المكونة للبدن الخزفى وتفتتها وبالتالي ظهور تشققات فى البدن وحدوث تشوه بالسطح (6) .

---

(١) الشيماء عبد الرحيم عبد الرحمن : دراسة تقنية وعلاج وصيانة الآثار الفخارية القبطية الملونة تطبيقاً على بعض النماذج الفخارية من المتحف القبطى ، رسالة ماجستير ، قسم الترميم ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠٣ ، ص ٨٥ .

(2) Ibrahim , M., M.& Sadek , H.; Features of the physical deterioration of the Islamic ceramics from Egypt a case study, in 2nd conference of Middle Egypt in Fayoum ,2002. P.87.

(٣) يسرى الجندى : الجغرافية المناخية ، مركز الإسكان للكتاب ، ١٩٩٣ ، ص ١٦٩ .

(4) Lay , L . ; Corrosion resistance of technical ceramics , London , 1991 , P . 50 .

(5) Case, E . D. ; Heat transfer Coefficient estimation from Thermal Shock Data , in 26<sup>th</sup> Annual on composites , advanced Cermics , Materials and structure by Lin , H. , & sing, M. , Florida , 2002 , PP. 149 -160.

(٦) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ٨٨ .





كما أن الخواص الفيزيائية للمواد تتغير بتغير درجات الحرارة وكذلك فإن درجات الحرارة تؤثر فى معدلات التفاعلات الكيميائية ، حيث تتضاعف هذه التفاعلات كلما زادت درجة الحرارة بمعدل ١٠ °م ويؤدى ذلك إلى حدوث تحلل كيميائى سريع .

أما التأثير الفيزيائى الأكثر أهمية الناتج عن تغيرات درجة الحرارة هو التغير فى حجم هذه المواد حيث أنها تتمدد عند تعرضها للحرارة وتنكمش عند تعرضها للبرودة وتسمى هذه العملية بالحركة الحرارية thermal movement .

أما المواد ذات التركيب المنتظم فعندما تتغير درجة حرارتها تتعرض للتمدد والانكماش فى أجزائها بمعدلات مختلفة وتكون النتيجة النهائية حدوث ضغوط داخلية Internal stresses وذلك نتيجة لتكرار الحرارة والبرودة المتعاقبة <sup>(١)</sup> وتؤدى الحرارة أيضا إلى تساقط التزجيج نتيجة اختلاف التمدد والانكماش بين كل من البدن والتزجيج كذلك فإن الزيوت التى تستخدم فى الإضاءة تقلل مقاومة البدن .

### ٣ - التلف الناتج عن الدفن

رغم أن الخزف من المواد ذات المقاومة المرتفعة للتلف الكيميائى إلا أنه أقل مقاومة للتلف الميكانيكى خاصة عند الدفن فى التربة <sup>(٢)</sup> أو عند تعرضها لصدمة أو ضغط <sup>(٣)</sup> .

وعندما توجد القطع الخزفية فى التربة ويكون فوقها كمية كبيرة من الأتربة أو الرمال فإن ذلك يؤثر عليها خاصة عندما تكون القطع فارغة سواء من المواد الأثرية أو الأتربة وبذلك لا تتحمل الجدران هذه الضغوط ، ويؤدى ذلك إلى تهشم هذه القطع و هذا ما نلاحظه فى الحفائر <sup>(٤)</sup> .

وترجع تأثيرات عامل الزمن على الخزف إلى ثلاث عوامل الأولى هي العوامل السائدة فى بيئة الدفن والثانية الخاصة بنوع التربة أما الثالثة فهى الخاصة بخامة الأثر .

وتتنوع التربة المصرية إلى تربة رملية وغرينية وطينية وجيرية وذلك حسب تركيبها .

#### ١ - التربة الرملية

وتتكون من مجموعة معادن خفيفة Light minerals وهذا المكون يحتوى على ٧٠% - ٨٠% كوارتز ، ١٠ - ١٧% فلسبار بوتاسي ٣٢ - ٦% البيت ، ٢ - ٤% أوليجيو كليز ، ١ - ٢% مسكوفيت .

(1) Goffer , Z . ; O P Cit P . 243 .

(2) Reiderer , J. ; Restoration , Preservation, Munich . Germany, 1989, P.39 .

(3) Lins , A., P., Ceramics and glass conservation , Musum News , 1977 , P.5 .

(٤) ( رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ٨٤ .



ومجموعة معادن ثقيلة Heavy minerals وتتكون من معادن الاوجيت؛ الهورنبلند، الابدوت التي تكون حوالى ٧٥ - ٩٥% من المعادن الثقيلة فى الرمل .

## ٢ - التربة الغرينية

نظرا لصغر حجم جزئيات هذه المجموعة فيبدأ ظهور معادن الطين بها إلى جانب المعادن الأولية ، حيث يوجد المونتي موريللونيت ونسبة أقل من الكاولينيت والميكا بالإضافة إلى حوالى ٢٠% كوارتز ، ١٥% فلسبار ، ٥% كالسيت .

## ٣ - التربة الطينية

وتتكون التربة الطينية تقريبا من ٥٠ - ٦٠% مونتي موريللونيت ، ٥ - ١٠% ميكا ٣-٥% ، كوارتز ، ١٥ - ٢٠% كاولينيت ، ٣ - ٥% فلسبار بالإضافة إلى ٥ - ١٥% من الأكاسيد الحرة سليكا ، الألومنيا ، الحديد .

## ٤ - التربة الجيرية

وتتميز هذه التربة بوجود نسبة كبيرة من كربونات الكالسيوم قد تصل إلى ٩٠% وتحتوى هذه الأرضى على معدن الأتابولجيت  $Mg_5Si_8O_{20}(OH)_2 \cdot 8H_2O$  بنسبة ١٠ - ٢٠% بالإضافة إلى ١٥ - ٢٠% من الكاولينيت والمونتي موريللونيت بنسبة ١٥ - ٣٠% أما الفلسبار فيكون بنسبة ٣ - ٥% أما الأكاسيد الحرة فتتمثل ٦ - ١٠% (١) .

وتختلف الظروف التى يدفن فيها الأثر الخزفى عن البيئة التى صنعت من أجلها أدوات الإضاءة ومن أهم مميزات بيئة الدفن غياب الضوء ووجود الأملاح التى تحملها المياه وكذلك الاتصال بتربة أكثر أو أقل قدرة على التآكل ودرجة حرارة ثابتة وكذلك الرطوبة النسبية الثابتة بالإضافة إلى كمية محدوده من الهواء خاصة الأكسجين (٢) .

ومن أكثر عوامل التلف تأثيرا على الخزف المدفون فى التربة ما يلى :

## ١ - الرطوبة Moisture

تعتبر الرطوبة من أهم العوامل الفيزيوكيميائية التى تسبب تلفا ليس فقط للآثار الخزفية وإنما الآثار بكافة أنواعها . فالرطوبة تدخل فى معظم عمليات التلف ، فالأملاح القابلة للذوبان لن

---

(١) ثروت محمد حجازى : دراسة تطبيقية ميدانية لصيانة الآثار فى مواقع الحفائر تطبيقا على بعض الآثار المكتشفة بحفائر مقابر العمال جنوب شرق أبو الهول ، رسالة ماجستير قسم ترميم الآثار كلية الآثار - جامعة القاهرة ، ٢٠٠١ ص ٧ .

(2) De Guechen , G. ; Object interred , object disinterred in conservation on archaeological excavations , edited by Price , N. , S., ICCROM , Rome , 1984 , PP . 21 -28.



تنتقل ولن يحدث لها تبلور داخل أو خارج الأثر بدون الماء ، هذا بالإضافة إلى أن الماء عامل أساسي في خلق اجهادات داخل الأثر يكون لها تأثير ميكانيكى على البنية الداخلية (1) .

تعتبر الرطوبة هي المسئولة عن وجود طبقة ملحية أسفل طبقة التزجيج حيث تعمل هذه الترسيبات الملحية التى تحملها الرطوبة على حدوث عملية إعتام لطبقة التزجيج وانفصالها (2) .

كما أن الحبيبات الدقيقة للتربة تكون مشحونة بشحنة سالبة ، أما جزيئات الماء فهي ثنائية القطبية وعند تلامس الدقائق المعدنية الصلبة مع الماء تنشأ القوى الجزيئية الكهربائية ، التى تجذب جزيئات الماء إلى سطح الدقائق المعدنية بقوة ، وكلما زادت المساحة السطحية النوعية للدقائق المعدنية ، كلما ازدادت جزيئات الماء التى تكون فى حالة مقيدة .

وتحتفظ التربة بالماء فى ثلاث مستويات هى حالة الغمر حيث تكون كل المسام ممتلئة بالماء وهناك أيضا الحالة الرطبة وهى أقل من المستوى الأول وأخيرا هناك الجفاف النسبى؛ وترتبط التهوية بنسبة الرطوبة فى التربة حيث أن الهواء يحل محل الماء وكذلك فإن وصول الماء إلى التربة يعمل على إزاحة الهواء من فراغاتها (3) ، ومن المعروف أن الخزف ذو البدن ردىء الحرق يضعف بالماء (4) .

وآلية التلف أن المادة المسامية تحتوى بصفة عامة على عدد غير محدود من المسام الدقيقة ومن خلال الخاصية الشعرية capillarity فإنها تمتص الماء والأملاح الذائبة فيها لذلك فإن الأثر المكتشف يكون مادة ممتلئة بالأملاح (5) وهى حالة شائعة فى مصر لا تظهر خطورتها إلا عند التعرض لبيئة مختلفة (6) ومن خلال دراسة الفصل الثانى الخاص بدراسة خواص الخزف فإننا نجد العلاقة الوثيقة بين تلك الخواص والتلف . حيث أن البدن المرتفع المسامية يقوم بامتصاص كمية كبيرة من الماء والتى تؤدى إلى ضعفه خاصة إذا كان ردىء الحرق ، أو كان الماء محمل بمكونات تؤثر فى البدن ويؤدى وجود الماء مع سطح التزجيج إلى حدوث تفاعلات بينهما ويؤدى ذلك إلى

---

(1) محمد عبد الهادى محمد : تشخيص الأملاح المتبلورة داخل تمثال أبو الهول بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح . ندوة جامعة القاهرة الرؤية العلمية للحفاظ على الآثار ، ١٩٩٠ ص ٩٢-١١٦ .

(2) Ravaglioli , A. & Krajewski , A. , ; Degradation & Preservation of the Majolicas of santa chiara in Naples in : Fourth Euro – Ceramics , vol 14 , the cultural ceramics heritage , gruppo editoriale Faenza editric ceramics , Italy , 1995 , PP . 403-409 .

(٣) ثروت محمد حجازى : المرجع السابق . ص ٦ .

(4) Smith , S.; British Bronze age Pottery : An Overview of deterioration and current techniques of conservation at the British Museum , in the conservator , No.22,1998, PP.3 -11.

(5) De Guechen , G. ; OP Cit. P . 26 .

(٦) محمد فهمى عبد الوهاب : دراسات نظرية وعملية فى حقل الفنون الأثرية وطرق ومواد الترميم الحديثة . دار الشعب ، القاهرة ، ١٩٧٤ ص ٣٧١ .



تغيير فى الطبقة السطحية ويتراوح ذلك التفاعل من طبقة واحدة إلى عدة مليمترات <sup>(1)</sup> ويسمى ذلك بالصدأ المائى Aqueous Corrosion <sup>(2)</sup> .

## ٢ - الأملاح Salts

إن دراسة الأملاح وتأثيرها على المواد الأثرية من الدراسات الهامة جدا فى مجال صيانة وترميم الآثار وذلك بسبب الدور الخطير الذى تلعبه فى تلف وتدمير الآثار . ومن المعروف أن هذه الأملاح لا تبقى على وتيرة واحدة وإنما هى دائمة التغير وخاصة من حيث درجة تركيزها ومكوناتها ، والتربة المصرية بحكم أصلها لا تخلو من الأملاح <sup>(3)</sup> .

وتعد الأملاح والماء من أهم المشاكل التى تواجه عمليات الترميم اليوم، حيث تزداد الضغوط الميكانيكية نتيجة نمو بلورات الملح وبذلك تؤدى إلى دفع جدران المسام وهذه هى الميكانيكية الأولى للتلف <sup>(4)</sup> وقد تتكون بعض الأملاح الجديدة نتيجة الدفن فى التربة الملحية حيث أن الكالسيوم الذى قد تحتويه بعض أبدان أدوات الإضاءة يتفاعل مع كلوريد الصوديوم مكونا كلوريد الكالسيوم . ويعتبر معدل تبخر الماء من الخزف بطيئاً وذلك بالمقارنة بمعدل الامتصاص وذلك نتيجة وجود روابط هيدروجينية تربط الماء مع الخزف <sup>(5)</sup> . وتختلف الأملاح فى معدل ذوبانها فى الماء فمنها ما هو مرتفع فى معدل ذوبانه فى الماء ومنها ما هو متوسط الذوبان والبعض الآخر شحيح الذوبان فى الماء ويتضح ذلك فى جدول رقم (٣) <sup>(6)</sup> .

(1) Brown, R. K.; Inorganic glasses and glass-Ceramics, in : Characterization of ceramic, edited by Loehman, R. and Fitz Patrick, L., E., Butterworth- Heinemann, USA, 1993, PP. 103-117.

(2) De Guechen , G. , ; Op. Cit., P . 27 .

(٢) رجب أبو الحسن : المرجع السابق : ص ١٠١ .

(4) Selwitz, C.A., and Doehne, E.R. ; The evalution of crystalization modifiers for Controlling Salt Damage to limestone . in Journal of Cultural Heritage, 3, 2002, P. 205.

(5) Paterakis , A. , B. ; Those evasive Salt crystals . The 12<sup>th</sup> ICOM Triennial Meeting Lyon , 1999 , Vol2. P . 799 .

(6) Cronyn , J. M. ; The elements of Archaeological Conservation New York , 1998 , P.22.





جدول رقم (٣)

يوضح معدل الذوبان للأملاح (Cronyn ,J.M. 1996 ,P.23)

| الملاح           | معدل ذوبانه في الماء |
|------------------|----------------------|
| كل النترات       | مرتفعة               |
| معظم الكلوريدات  | مرتفعة               |
| معظم الكبريتات   | مرتفعة               |
| معظم البيكربونات | مرتفعة               |
| معظم الأسيتات    | مرتفعة               |
| الجبس            | متوسط                |
| معظم السيليكات   | منخفضة               |
| معظم الأكاسيد    | منخفضة               |
| معظم الكبريتيدات | منخفضة               |
| معظم الفوسفات    | منخفضة               |
| معظم الكربونات   | منخفضة               |

يمتص الخزف المسامي الماء المحتوي على أملاح من خلال الشعيرات الموجودة به حيث أن أي تربة تحتوي على كمية من الأملاح الذائبة لذلك فإن الخزف عادة ما يتم الكشف عنه وقد احتوى على أملاح <sup>(١)</sup> .

وتزداد كمية الماء بالبدن مع وجود الأملاح وذلك بالخاصية الشعرية وكذلك بالهيجروسكوبية ، وتعتمد حركة الأملاح في البدن المسامي على الظروف المحيطة ودرجة الحرارة بالإضافة إلى الرطوبة النسبية <sup>(٢)</sup> وقد تأتي الأملاح من الطفلة أو من الوقود أثناء الحرق <sup>(٣)</sup> . وبعد تبلور الأملاح من أكثر عوامل التلف خطورة <sup>(٤)</sup> ويرتبط تزهر الأملاح بمسامية البدن حيث أن القطعة الأكثر مسامية تكون فرصتها أكبر بالنسبة لتزهر الأملاح نتيجة

<sup>(١)</sup> De Guechen , G. ; Op. Cit , P . 25 .

<sup>(٢)</sup> Charola , E. A. ; Salts in The deterioration of Porous Materials, in: JAIC 39 (2000) PP.327-343 .

<sup>(٣)</sup> Stambolov , T.;The deterioration and Conservation of Porous Building materials in monuments, Rome ,1975, P.13

<sup>(٤)</sup> Honey borne , D. B.; Weathering and decay of masonry in conservation of Building and decorative stone edited by , Ashurst , J. and Dimes , F. , Butter Worth Heinemann , London , 1998, P . 153 .



للتبخر السطحي ، بينما في القطع ذات المسامية الأقل فإن التزهر قد يحدث أسفل السطح مكونا تزهر تحت سطحي .

ويعتمد تزهر الأملاح في الخزف على عدة أشياء منها نوعية الملح وإذا كان الملح مائى أو غير مائى وإذا كانت المسام الموجودة في جدران البدن ماصة للماء وكذلك معدل التهوية وذوبانية هذه الأملاح في الماء وأيضاً وجود أيونات تساعد على ترسيب الأملاح ووجود اتساخات في مسام الخزف بالإضافة إلى الرطوبة النسبية <sup>(١)</sup> .

ويعتبر إعادة تبلور الأملاح السبب الرئيسى للتلف بالأملاح وأثناء هذه العملية تشغل البلورات المتكونة حجماً أكبر من حجمها في المحلول الملحي وتسبب ضغوطاً على نسيج البدن وهذا يكون كافياً لإحداث تشقق وتفتت بالبدن . وتؤثر سرعة التبلور في التلف الناتج وتعتمد سرعة التبلور على درجة الحرارة والرطوبة النسبية. ولكل ملح درجة رطوبة نسبية حرجية يحدث عندها التبلور وتعد الأملاح القابلة للذوبان في الماء هي من أكثر العوامل المؤثرة في تلف الخزف حيث أنها تمتص بواسطة البدن ، وتميل هذه الأملاح إلى الذوبان في الرطوبة النسبية المرتفعة وبعد ذلك تعيد عملية التبلور مرة أخرى عند الجفاف <sup>(٢)</sup> .

ويحدث التبلور في المسام والشروخ وبالقرب من السطح ويتحدد تبلور الأملاح من خلال الاتزان أو التوازن بين معدل خروج الماء من السطح ومعدل امتصاص الماء <sup>(٣)</sup> .

وتؤدى الأملاح إلى حدوث شروخ بطبقة التزجيج وذلك حسب الالتصاق والربط بين التزجيج والبدن وقد يحدث التقشر Exfoliation في البدن الخزفى نفسه <sup>(٤)</sup> وتعتبر الأملاح الأكثر قابلية للذوبان هي الأقل قابلية للتزهر <sup>(٥)</sup> .

وقد ذكر Abd – El Hady <sup>(٦)</sup> (١٩٩٤) شكلين شائعين لتبلور الأملاح وهما :-

---

<sup>(١)</sup> Paterakis , A.B. ;Op. Cit , 1999 , P. 800 .

<sup>(٢)</sup> Buys , S . & Oakly , V. ;Op. Cit . P . 23 .

<sup>(٣)</sup> Lewin , S. , Z . ;The mechanism of masonry decay through Crystallization , in Conservation of Historic Stone building and monuments , National academy Press , washington , 1982 .P.120.

<sup>(٤)</sup> Pilz , M . & McCarthy , B. ; The comparative study of ORMOCER & paraloid B – 72 for conservation of outdoor glazed ceramics . in : Fourth Euro. ceramics , Vol. 14 The Cultural ceramics Heritage , gruppo editoriale Faenza editrice Ceramics , Italy , 1995 , PP . 29-39 .

<sup>(٥)</sup> Paterakis , A. B . ; Efflorescence testing on pottery in The ceramics Cultural Heritage , Vincenzini , P . (editor ) , 1995 , PP . 661-668 .

<sup>(٦)</sup> Abd – El Hady , M . M . ; Op. Cit P 103 .



١ - نمو وتزهر شعري Whisker growth ويحتاج هذا النوع من التبلور إلى محتوى منخفض من الماء ومعدل تبخر منخفض وإمداد منخفض من المحاليل .

٢ - تكوين تكلسات Crust formation ويتطلب ذلك ارتفاع تركيز المحاليل الملحية وفيما يلي أهم أنواع الأملاح :

#### ١ - الكلوريدات Chlorides

ومن أهم أنواعها كلوريد الصوديوم " الهاليت " Halite (NaCl) وكلوريد البوتاسيوم (السلفيت) Sylvite (KCl) وكلوريد الكالسيوم " أنتركتيسيت " Antracticite ( $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) وتعتبر الكلوريدات من أخطر أنواع الأملاح وذلك لما تتمتع به من درجة ذوبان عالية في الماء تمكنها من الانتقال إلى المناطق المختلفة ، بالإضافة إلى أنها أملاح هيجروسكوبية لها القدرة على امتصاص المياه من مصادرها نظرا لطبيعتها المسامية مما يترتب عليه تبلور أو إعادة تبلور هذه الأملاح ، كما أن ارتفاع معدلات الحرارة تتسبب في فقدان هذه الأملاح ما امتصته من مياه ، وفي مثل هذه الظروف تحدث تغيرات مختلفة في أشكال وأحجام البلورات الملحية بسبب تغير محتوى الماء ما بين امتصاص كميات جديدة من الماء hydration of Salts وفقد كميات من هذه المياه dehydration of salts الأمر الذي يترتب عليه ضغوط نتيجة اختلاف حجم وشكل البلورات الملحية .

#### ٢ - النترات Nitrates

ومن هذه الأملاح نترات البوتاسيوم " النيتر "  $\text{KNO}_3$  niter ونترات الصودا soda niter  $\text{NaNO}_3$  ونترات الكالسيوم " النيترو كالسيت "  $\text{Ca(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  nitro calcite وتكثر هذه الأملاح بالقرب من الأراضي الزراعية<sup>(١)</sup>.

#### ٣- الحموضة والقلوية Acidity and Alkalinity

إن التأثيرات الكيميائية للدفن تعتمد على حامضية أو قلوية التربة فالبيئة الحامضية يمكن أن تسبب نزح وذوبان للمواد الكربوناتية المضافة مما يؤدي إلى نسيج هش ، كذلك يمكن أن تؤدي البيئة الحامضية إلى نزح القلويات من التزجيج .

(١) محمد عبد الهادي : المرجع السابق ص ١٠٣ ، ١٠٥ .



أما في البيئة القلوية " وتكون خاصة في المناطق التي يكثر بها النشاط البشري حيث يتبقى بقايا قلوية مثل رماد الخشب " مما يؤدي إلى وجود طبقة من الأملاح غير الذائبة قد تتكون على السطح <sup>(١)</sup> .

وقد أشار Matson <sup>(٢)</sup> (١٩٥١) إلى أن وجود خزف يحتوى على مسحوق حجر جيرى أو مسحوق محار وتم دفنه في تربة حمضية فإن هذه المكونات تختفى ، وعادة ما يتعرض الخزف منخفض الحرق للتحلل وذلك لأن الطفلة حرقت فوق درجة فقد الماء مباشرة ، كما أن التزجيج غير الثابت يتعرض للتفكك وذلك أثناء الدفن <sup>(٣)</sup> .

وقد قدم Heimann & Maggetti <sup>(٤)</sup> (١٩٨١) دراسة هامة لتأثير الدفن حيث وجد أن الجهلينيت Gehlenite في التيراسيجلاتا الجيرية Calcareous Terra Sigillata يتحلل إلى الكالسيت وذلك عند الاتصال بمحالييل التربة وبالتالي فإن ظروف الدفن الجافة تؤدي إلى الحفاظ على المكونات الأولية للخزف وعدم تحللها .

#### ٤ - التلف الناتج عن الكشف

يعد الكشف عن الآثار الخزفية بصفة خاصة من أخطر المشاكل التي تتعرض لها ، وذلك نتيجة التغير المفاجئ والكبير في درجة الحرارة والرطوبة بين البيئة التي يوجد بها وبين الجو الخارجى حيث أن بيئة الدفن Burial environment المستقرة لسنوات عديدة تؤدي إلى إستقرار حالة الأثر ويمكن تقسيم عوامل التلف التي تتعرض لها أدوات الإضاءة الخزفية بعد الكشف إلى :-

أ - تلف ناتج عن اختلاف بيئة التعريض عن بيئة الدفن .

ب - تلف ناتج عن أعمال الترميم الخاطئ .

---

(<sup>1</sup>) Watkins , S. , C. , & Scott , R . ; Timeless problems , Reflection on the Conservation of archaeological Ceramics , in The Birth Museum Occasional Paper , No. 145 , edited by oddy, A. , & Smith , S. , . 2001 , PP . 195-200 .

(<sup>2</sup>) Matson , F . R. ; Ceramic technology as an aid to Cultural interpretation techniques and Problems , Museum of Anthropology , university of Michigan , 1951 , P . 16 .

(<sup>3</sup>) Vandiver , P . B . ; Corrosion and conservation of ancient glass and ceramics , in Corrosion of glass & Ceramics , edited by clark , E . D . , University of Florida department of materials Science & engineering , USA 1992 , PP. 393- 430 .

(<sup>4</sup>) Hiemann , R . B . & Maggetti , M . : Experiments on Simulated Burials of Calcareous terra Sigillata (Mineralogical change) Preliminary results , in British Museum Occasional Paper No. 19 , Scientific Studies in Ancient Ceramics " by Huges , M . J . 1981 , PP . 163-177 .





## أ - التلف الناتج عن اختلاف بيئة التعريض عن بيئة الدفن :

تختلف بيئة التعريض Exposure environment عن بيئة الدفن في العديد من الخصائص اختلافا كبيرا . حيث أن تركيب الهواء الجوي يختلف من حيث تركيز الغازات الموجودة به . حيث أن غاز الأكسجين يوجد بنسبة ٢٠,٩% في بيئة التعريض بينما لا يزيد عن ١٢% في بيئة الدفن بينما يزيد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون مئات المرات في بيئة الدفن عن تركيزه في بيئة التعريض ؛ كذلك يؤثر التلوث في تركيب الهواء الجوي ويغير من تركيزات غازاته في بيئة التعريض .

وهناك الكشف غير الأمن والذي يحدث عند الكشف عن الآثار الخزفية والتي حدث لها اتزان بينها وبين بيئتها المحيطة بها عند الدفن ، وبعد الكشف تتلف بشكل أقوى وأسرع من التلف الذي يحدث في الظروف العادية وتتعرض هذه المكتشفات للتلف على مستويين أولهما تلف فوري ناتج عن التعريض والثاني طويل المدى ناتج عن البقاء في بيئة غير مستقرة (١) .

أما بالنسبة للتغيرات المناخية فإن بيئة التعريض تتصف بتقلباتها المناخية يوميا وموسميا ومن أكثر العوامل المؤثرة في حفظ المواد الأثرية الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة .

### - الرطوبة النسبية Relative Humidity

تؤثر الرطوبة النسبية في كل من التلف الفيزيائي والكيميائي والحيوي حيث أن كمية الماء المنتشر في الهواء في صورة بخار رغم قلتها إلا أنها شديدة الأهمية لأنها تتحكم في محتوى الرطوبة داخل المواد الأثرية ولذلك يتأثر المحتوى المائي للمواد بالرطوبة النسبية للهواء وعلى ذلك فأهم ما تتميز به بيئة التعريض هو انخفاض الرطوبة النسبية عن بيئة الدفن بصفة عامة مما يسبب التلف الفوري وتقلب أو تنوع المحتوى المائي لبيئة التعريض مما يسبب التلف طويل المدى .

### - درجة الحرارة : Air Temperature

درجة الحرارة في بيئة التعريض أعلى منها في بيئة الدفن كما تتميز درجة الحرارة في بيئة التعريض بالتقلب سواء على مدار اليوم أو السنة بينما تكون أكثر ثباتا في بيئة الدفن ، ومن الممكن أن يؤدي تغير بسيط في درجة الحرارة إلى حدوث تأثيرات عديدة ، وتتميز درجة الحرارة في بيئة التعريض بأنها أكثر ارتفاعا نهارا وقت إجراء الحفائر وغير ثابتة وتختلف وتتغير حسب التغيرات المناخية . كما أن التغير في درجة الحرارة يعرض مادة الأثر للتمدد والانكماش مما يؤدي إلى حدوث ضغوط داخلية Internal Stresses ويتكرر التغير في درجة الحرارة بين الارتفاع

(١) ثروت محمد حجازي : المرجع السابق . ص ١٥ .



والانخفاض بشكل متعاقب يؤدي إلى حدوث تشوه في الشكل وتشقق وشروخ ويظهر ذلك واضحا في الخزف حيث وجود البدن والتزجيج مما يؤدي إلى انفصال طبقة التزجيج عن البدن<sup>(1)</sup>.

وبعد التلف الفيزيائي تلفا غير استرجاعيا وهو ينتج عن عدم الحرص عند النقل أو التخزين أو من الجفاف الذي يتبع امتصاص الأملاح القابلة للذوبان أو من العلاج غير السليم وهذا التلف يمثل تآكل في السطح وشروخ وتتشقق التزجيج في بعض الحالات<sup>(2)</sup>.

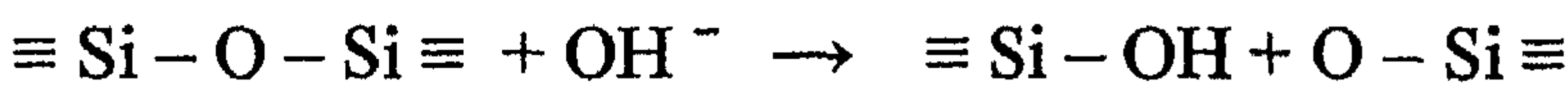
#### ب - تلف ناتج عن أعمال الترميم الخاطئ :

يعتبر الترميم الخاطئ من عوامل التلف الخطيرة التي تتعرض لها الآثار الخزفية بعد الكشف عنها . ذلك سواء لعدم توفر الخبرة والمهارة الكافية للقيام بأعمال الترميم السليمة أو نتيجة لاستخدام مواد ترميم غير مناسبة لحالة كل أثر تطبق عليه .

وبالنسبة للمواد المستخدمة في الترميم فإن استخدام مواد حمضية خاصة في التنظيف يعمل على إزاحة الأيونات الأحادية أو الثنائية من سطح التزجيج وإحلالها بأيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) كما في المعادلة<sup>(3)</sup> .



بالإضافة إلى أن الأحماض تعمل على إذابة الكربونات في حالة إضافتها إلى البدن الخزفي، وبالتالي تعمل على ضعف البدن وتغيير خواصه . أما القلويات فيكون تأثيرها أقوى بدرجة كبيرة وأكثر تعقيدا من تأثير المحاليل الحمضية ماعدا حمض الهيدروفلوريك ، وذلك لتأثير أيونات الهيدروكسيل على التركيب الشبكي للسيليكا حيث تتكون طبقة قليلة العمق من السيليكا لا تلبث أن تزيد معدلات جذب المحلول القلوي وزيادة عملية الإذابة والتي تتحرك بالتدرج إلى داخل التزجيج وبالتالي يتم إذابة التركيب الشبكي إلى مكوناته الأولية كما في المعادلة<sup>(4)</sup> .



كذلك فإن استخدام بعض المواد اللاصقة التي أنتجت من أجل الاستخدامات اليومية وليست في مجال الآثار فعلى سبيل المثال استخدام الأوهو Uhu في بعض الأحيان في أعمال التجميع<sup>(5)</sup>.

(1) نجوى سيد عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٠٦ .

(2) Buys , S. & Oakley , V . ; O P Cit , P . 20 .

(3) نجوى سيد عبد الرحيم : المرجع السابق ، ص ١١١ .

(4) Weier , L . E ; The deterioration of inorganic materials under The sea , Bulletin of The Institute of archaeology , No . 11 , London , 1973 , PP . 131-145.

(5) Davison, S.;Conservation of submerged Artifacts , Course INA,Alex.Egypt, 1999, P. 39.



وتنتج بعض الأملاح داخل المسارج الخزفية نتيجة تفاعلات غازات التلوث الجوى مثل تحول غاز ثانى أكسيد الكربون وتحول غاز ثانى أكسيد الكبريت ، كذلك بعض الأملاح تنتج عن استخدام بعض مواد الترميم <sup>(1)</sup> . ويؤدى تبخر الماء إلى زيادة التركيز الملحي ويترتب على ذلك تبلور الأملاح داخل البدن <sup>(2)</sup> .

وبالنسبة لتلف البوليمرات Deterioration of Poylmers فإنه يحدث نتيجة أى تغيير فى البوليمر يجعله غير مناسب للاستخدام فقد يصبح البوليمر ذو لون أصفر أو يصبح أكثر ضعفا <sup>(3)</sup> . وتتعرض البوليمرات المستخدمة فى الترميم للتحلل نتيجة تعرضها لعدة عوامل منها:-  
الحرارة :

حيث تتحلل أغلب البوليمرات وتختلف فيما بينها فى معدلات استقرارها فمثلا خلاص الفينيل المبلمرة PVA يبدأ فى التغير اللوني نظرا للتحلل الحرارى عند حوالى ٢٠٠ °م وتفقد البوليمرات ١٥% من وزنها فى الهواء برفع درجة حرارتها تدريجيا ويعتمد الفقد فى الوزن على مدى نقاء المادة . أما تأثير الحرارة على البوليمرات فهو ما يسمى التحلل الحرارى Thermal degradation كما أن بعض البوليمرات حدث لها De Polymerisation وهو مصطلح يطلق على انهيار السلاسل المكونة للبوليمر فى بعض النقاط .

ففى البولي ميثيل ميثا اكريلات Poly methyl methacrylate تتم عملية تحلل السلاسل سريعا حيث تحدث انهيارات داخلية لتعطى حوالى ٢٠٠ وحدة مونمر و كذلك فإن الضوء يعمل على كسر روابط البوليمرات ، أما الرطوبة فتعمل على التحلل الهيدروليكى للبوليمرات الصناعية وهذه العملية تعمل على سرعة فقد الخواص الفيزيائية للبوليمرات نتيجة تحطم السلاسل <sup>(4)</sup> .

وتتميز المسارج محل الدراسة بأنها تعرضت لأعمال ترميم خاطئة حيث تم استخدام مادة البيتومين Bitumen فى عملية الاستكمال وقد استخدم البيتومين بشكل شائع فى ترميم الخزف منذ القرن التاسع عشر . والبيتومين عبارة عن خليط من الهيدروكربونات Hydrocarbons وقد يكون

(١) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ١٠٢ .

(2) Alessandrini , G . A. M .et al :Composition and degradation of Brick and ornamental Terra Cotta of CA' Grada in Milan . part 1 the 17<sup>th</sup> century facing , in Fourth Euro – Ceramics , Vol 14 . The Cultural Ceramic Heritage , edited by Fabbri , B . gruppo editoriale Faenza editrice , Italy , 1995 , P . 348 .

(3) Horie , C. V . : Materials for conservation , Butter – Worth – Ltd . London, 1987, P. 31.

(٤) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٠٠ .



مصدره بقايا الزيت " القطران " أو من راتنج الأشجار ، ويتميز البيتومين باللون البني القاتم ويتميز كذلك اللمعان ، وكذلك فإن البيتومين يصبح هش بمرور الزمن ويذاب البيتومين في الكحول (1) .

### ثانيا : مظاهر التلف Deterioration Phenomena

من خلال دراسة أدوات الإضاءة الخزفية نلاحظ أنها غنية بمظاهر التلف المختلفة فبعضها مرتبط بالصناعة والبعض الآخر مرتبط بالاستخدام ، هذا بالإضافة إلى مظاهر التلف التي نتجت عن الدفن في التربة والكشف عنها.

وتعد المظاهر الناتجة عن عيوب الصناعة ذات أهمية خاصة نظرا لانتشارها في أدوات الإضاءة محل الدراسة ، فبعض هذه المظاهر مرتبط بالخامات المستخدمة ونسبتها لبعضها البعض بينما هناك مظاهر تلف ترتبط بمراحل الصناعة منذ تحضير الخامات وعملية التشكيل والتجفيف ثم الحرق وفيما يلي أهم هذه المظاهر المرتبطة بعيوب الصناعة :-

#### ١ - الشروخ Cracks

تنتج الشروخ في القطعة من الضغوط الميكانيكية وكذلك من التمدد والانكماش وتظهر الشروخ عندما تكون الضغوط أكبر مما تتحمله القطعة وهناك عدة نقاط يجب إتباعها عند فحص الشروخ وهي :-

- مكان الشرخ في القطعة ويرجع ذلك إلى شكل القطعة الذي يتحكم في الضغوط الناتجة ، فالقطعة سيئة التصميم سواء كان بها زوايا أو بها انحراف فإنها تتعرض للتشريح بالرغم من أنها تكون قد صنعت من مواد مثالية ، كذلك قد تكون القطعة جيدة التصميم وصنعت من مواد غير مناسبة وينتج عن ذلك شروخ .

- الاختلاف في شكل القطعة وطريقة صنعها بالإضافة إلى طريقة وسرعة الجفاف ودرجة حرارة الفرن ودورات الحرق ، كذلك فإن تطبيق التزجيج والبطانة تحدث تغيرات في المنتج وهذه التغيرات تسبب شروخ .

- يجب ملاحظة بداية ونهاية الشرخ حيث أن أوسع جزء في الشرخ هو نقطة البداية ، ويلاحظ أنه إذا وجد الشرخ بالحافة يكون ذلك الشرخ ناتج في المرحلة الخام أما إذا وجد الشرخ بالقاعدة فإن ذلك يكون نتيجة الحرق.

- إن حواف وأوجه الشرخ تكون دليل على كيفية بدأ الشرخ ، فالحواف المتآكلة والأوجه الخشنة تدل أن الشرخ من المحتمل أن يكون حدث ببطء وذلك عند الصناعة والجفاف بالرغم من أن

(1) Koob , S.; Obsolete fill Materials found on ceramics, in: JAIC, volume 37, Number 1, 1998, PP . 49-67.





الشرخ قد لا يظهر إلا بعد الحرق ، أما إذا كانت حواف الشرخ حادة وأوجهه ناعمة فإن هذا يكون شرخ حدث بالفرن .

وفيما يلي أهم أنواع الشروخ وأسباب حدوثها في البدن الخزفي :-

- هناك بعض الشروخ التي توجد في حافة البدن الخام وتتميز باتساعها عند الحافة وضيقها في أسفل ويرجع هذا النوع من الشروخ إلى عيب في التصميم حيث تكون الحافة رقيقة جدا بحيث لا تتحمل الضغوط ، كذلك فإن طريقة الصناعة قد تكون غير سليمة فقد يكون الجفاف سريع وغير متساوي ، وقد تظهر الشروخ وما زالت القطعة على عجله الخزاف أو بمجرد إزالتها ويكون ذلك ناتج عن التحضير غير الكاف وقد تحتوي الطفلة على المزيد من الرمل أو مسحوق الفخار ، وقد تكون الطفلات ذات رطوبة غير متساوية وبالتالي يحدث جفاف بدرجات غير متساوية .

هذا بالإضافة إلى استخدام البطانة عندما يكون البدن رطبا الذي يؤدي إلى حدوث تشوه ، وبالنسبة للشروخ الدقيقة فإن القطعة قد تكون ظلت في ظروف رطبة لمدة طويلة مما أدى إلى حدوث امتصاص وأدى ذلك إلى نشأة شروخ .

أما بالنسبة للشروخ التي تحدث في البدن والتزجيج معا فإنها تنتج من الشروخ التي كانت مختلفة في مراحل الصناعة حيث لا يمكن رؤية هذه الشروخ ولذلك تسمى بالشروخ المخفية أو المستترة Latent & dormant Cracks وبالتالي قد يؤدي الحرق إلى ظهور هذه الشروخ . كما أن الضغوط التي تم تجنبها عند التجفيف الحذر قد تنتج وتظهر من خلال الحرق السريع في بداية الحرق . ويظهر ذلك في شكل رقم (٩)(أ) .

- ويأتى على العكس من النوع السابق من الشروخ هذا النوع الذي يتميز باتساعه من أسفل وضيقه من أعلى ويحدث هذا الشرخ في البدن الخام نتيجة الجفاف غير المتساوي ، أما سبب حدوث هذا الشرخ في البدن المحروق والتزجيج معا فيرجع إلى تصدع التبريد Cooling Dunt الناتج بسبب تبلور السليكا التي تعاني من تحولات أو تغيرات في التركيب البلوري ويصاحب ذلك تغير في الحجم وهذه الضغوط بين البدن والتزجيج قد تكون غير كافية لكسر القطعة <sup>(١)</sup> ويظهر ذلك في شكل (٩)(ب) .

- وهناك شرخ ثالث يتميز بأنه عمودي على الحافة ومتوازي الجانبين وسبب حدوث هذا الشرخ في البدن الخام هو أن الجدار والقاعدة تكون متساوية السمك وقد تكون القاعدة

(1) Hamer , F . ; The Potter's dictionary of Materials and Technique , Watson – Guptill Publication , New York , 1986 , P . 78.



رقيقة جدا أو إنها تركت رطبة بعد التشكيل ، وينتج أيضا هذا النوع من الشروخ في حالة وجود تزجيج سميك داخل القطعة . ويظهر هذا الشرخ في شكل (٩) (ج) .

- أما النوع الرابع من الشروخ فيكون حاد الزوايا ويقسم القطعة إلى جزئين ويظهر هذا النوع في البورسلين Porcelain والأواني الحجرية Stoneware ويظهر هذا الشرخ في البدن عند التبريد وذلك عند تعرض القطعة لتيار بارد يؤدي لحدوث تصدع Dunt أما في البدن المزجج فيحدث هذا الشرخ بعد أن يتجمد التزجيج ، وينتج ذلك عند تبلور السليكا في البدن هذا بالإضافة للاختلاف في الانكماش الحرارى بين البدن والتزجيج . ويظهر هذا الشرخ في شكل (٩) (د) .

- أما الشرخ الدقيق "الشعري" Hair Line والذي يمر بالقاعدة في خط مستقيم فيشكل النوع الخامس من الشروخ ويوجد في القطع المزججة فقط وقد يمتد من أحد الجانبين إلى الجانب الآخر مرورا بالقاعدة ، وتحاول القاعدة امتصاص التزجيج وينتج طرقة التبريد أما إذا حدث هذا النوع من الشروخ بعد شهور أو أعوام من الصناعة كان الشرخ ناتجا عن الصدمة الحرارية Thermal Shock ويتضح ذلك في شكل (٩) (هـ) .

- وهناك نوع آخر من الشروخ يحدث في القاعدة وهو يشبه النجم ويأخذ شكل إشعاعى ويبين ذلك الشكل رقم (٩) (و) . ويظهر هذا النوع من الشروخ في البدن الخام إذا كانت القاعدة ذات سمك أقل بكثير من الجدار أو إذا كانت القاعدة ذات محتوى رطوبة مرتفع وتم تجفيفها بسرعة . وفى البدن المزجج قد يكون التزجيج الداخلى بكمية أكبر من تزجيج القاعدة فى حين أن المواد المصهرة بالقاعدة تعمل على حدوث تزجج داخلى لها وعليه تكون القاعدة هشه مما يؤدي إلى حدوث هذا النوع من الشروخ .

- أما النوع السابع من هذه الشروخ فيكون عبارة عن شروخ مستقيمة تكون موجودة بالقاعدة قد تنتج من الجفاف غير المتساوى ، فقد يكون البدن غير مسامى وتظل القطعة على عجلة الخزاف بحيث لا يسمح للقاعدة بالجفاف <sup>(١)</sup> ويظهر ذلك فى الشكل رقم (٩) (ن) .

- هذا النوع من الشروخ يعد ذو أهمية خاصة حيث يظهر فى العديد من أدوات الإضاءة محل الدراسة وكذلك عينات أدوات الإضاءة التى تم الحصول عليها من الفسقاط ، هذا النوع من الشروخ يكون فى القاعدة ويكون على شكل حرف "S" ويظهر هذا النوع فى القطع التى تم صنعها على عجلة الخزاف ، وتنتج هذه الشروخ من الانكماش غير المتساوى لطفلة القاعدة والجدران ، كذلك يحدث هذا الشرخ نتيجة عدم التعرض لضغط متساوى أثناء التشكيل لذلك

(1) Hamer , F . ; O P Cit . P . 80 .



تبقى الجزئيات قليلة الاختلاط والترتيب حدث بطريقة عشوائية (1) . ويبدو ذلك في الشكل رقم (٩) (ل) والصورة رقم (٧) العينة من الفسطاط .

كما تمدنا الشروخ النافذة Path Cracks خلال البدن الخزفي بمعلومات عن انتشار وتوزيع الضغوط التي كانت موجودة أثناء الصناعة ، كذلك فإن ملامح سطح الكسر تمدنا بمعلومات توضح أصل الكسر سواء كان بسبب الضغوط أو بسبب الصدمة الحرارية (2) .

## ٢ - الالتواء Warping

يحدث الالتواء أثناء الجفاف يكون نتيجة الانكماش غير المتساوي وذلك بسبب اختلاف محتوى الماء (3) . وكذلك تساعد تيارات الهواء على حدوث الالتواء ، بالإضافة إلى ذلك فإن اختلاف سمك جدار البدن والقاعدة والتجفيف والحرق السريع يؤدي كل ذلك إلى حدوث الالتواء (4) .

يؤدي الانكماش المختلف إلى حدوث الالتواء وذلك لعدة أسباب منها اختلاف معدل فقد الماء من السطح والجزء الداخلي كذلك التوزيع غير المتساوي للماء داخل الجزئيات وبالتالي الانكماش الكلي لكونه غير متساوي أيضا فإنه يتأثر بترتيب الجزئيات أثناء التشكيل (5) .

## ٣ - التصدع " الطرقة " Dunting

يطلق هذا النوع على الشرخ النافذ كلية وينتج من الضغوط الحرارية ، ويلعب شكل القطعة دورا هاما في هذه الظاهرة حيث يبدأ الشرخ النافذ في الأركان والزوايا ، وتنتشر الشروخ في النسيج الناعم والبدن الكثيف بينما تعمل المسام والإضافات على وقف انتشار هذه الشروخ (6) .

وينتج التصدع من الضغوط الناشئة عن الحرق والتبريد ، وتعد تحولات السليكا هي السبب الرئيسي في هذا النوع من الشروخ ، بالإضافة إلى اختلاف تمدد

(1) Ibid P . 81 .

(2) Bronitsky , G . ; Bridging the gap between Laboratory and field in Ceramic Theory , Archeo materials (1) , 1986 , PP . 53-55 .

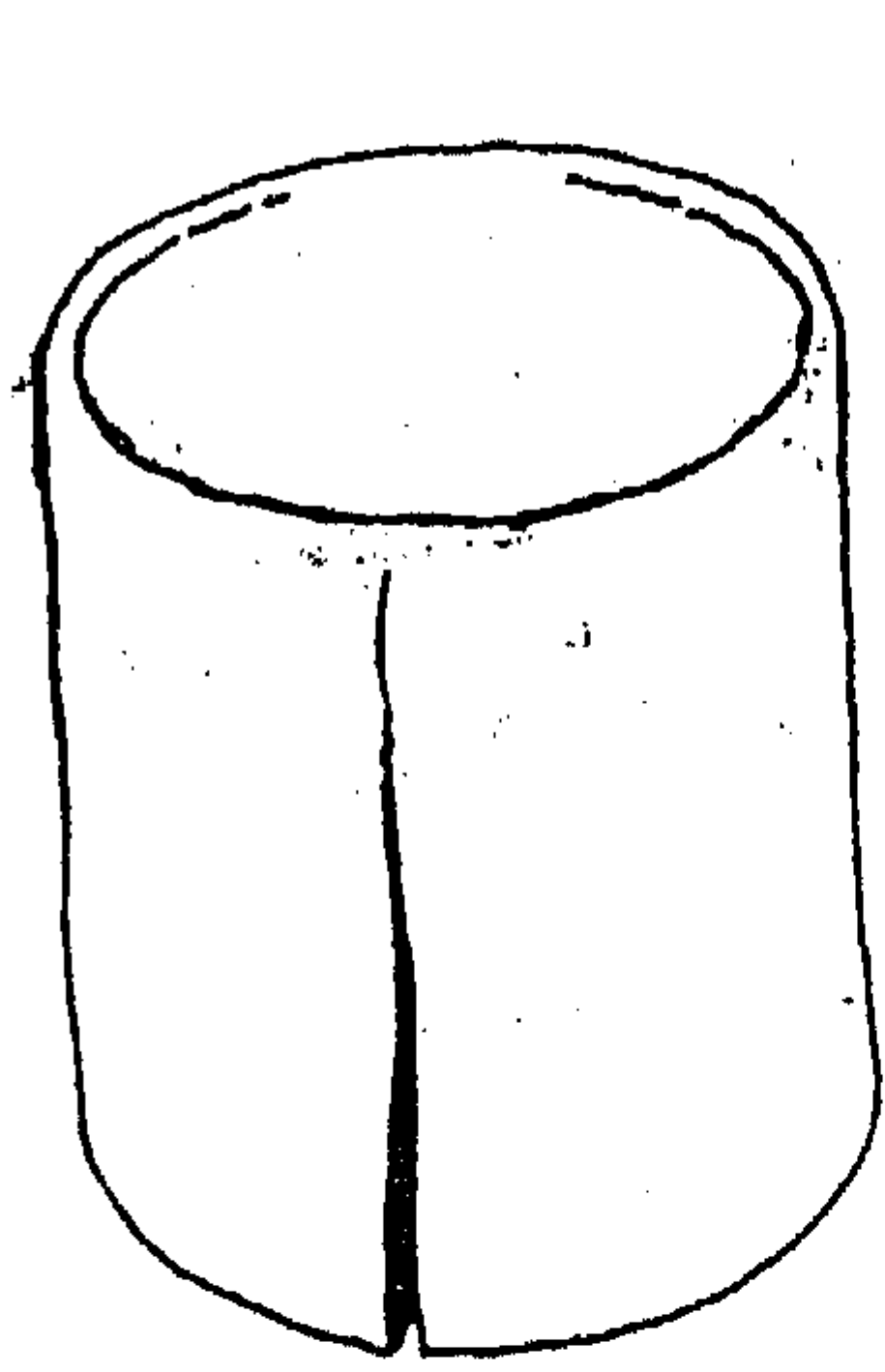
(3) Cooper , A . , R . ; Quantitative Theory cracking and warping during the drying of clay bodies , in Ceramic processing before firing , edited by Onoda , G . Y . & Hench , L . , John Wiley and Sons , New york , 1978 , P . 261 .

(4) Fraser , H . ; Ceramic Faults and their remedies A&C Black , London , 1986 , P . 25

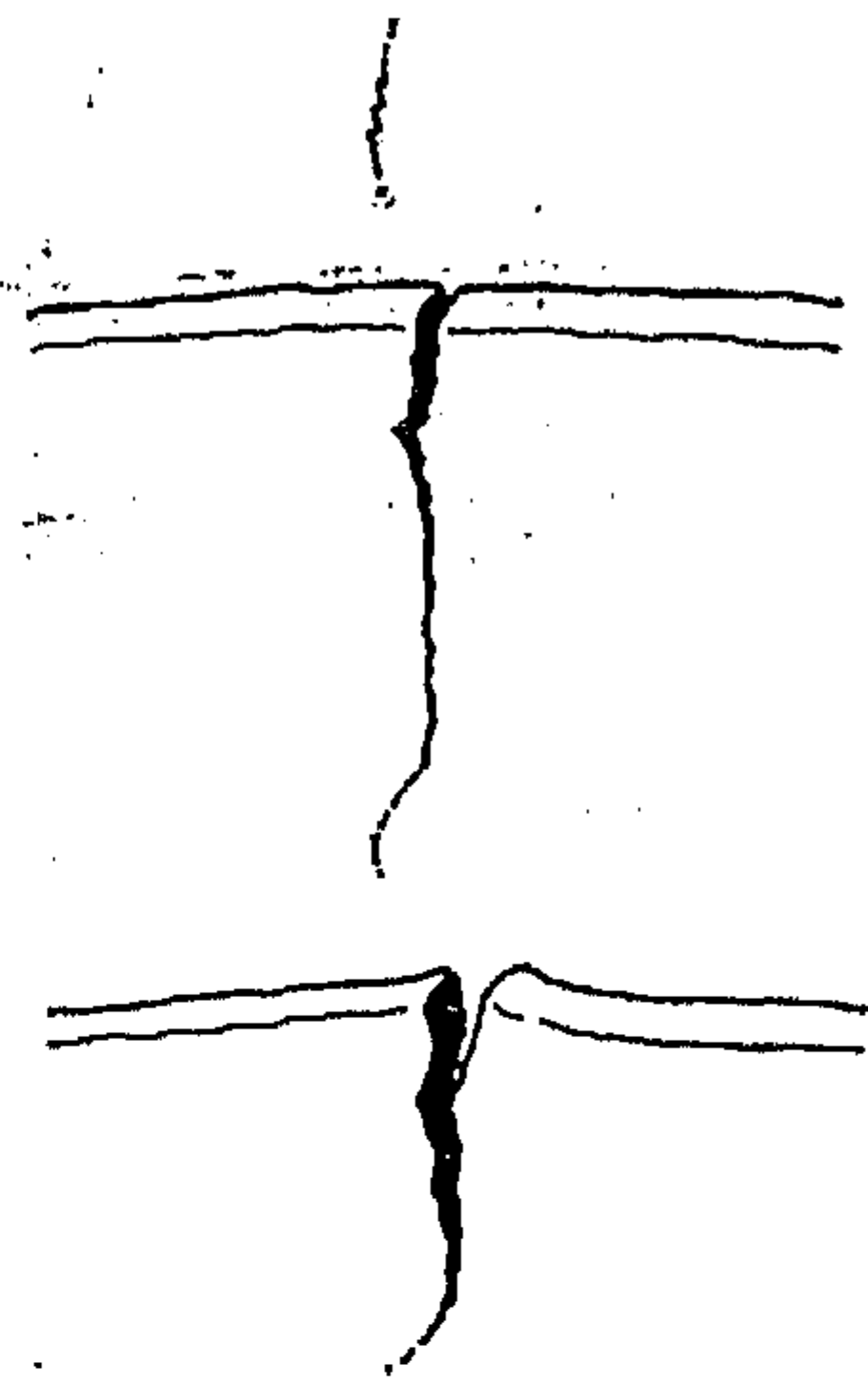
(5) Moore , F . ; 2 - Rheology of ceramic System , Institute of ceramic text book Service , Maclaren & Sons , Ltd, London, 1965 , P . 86 .

(6) Fraser , H . , : Op. Cit , P . 86 .

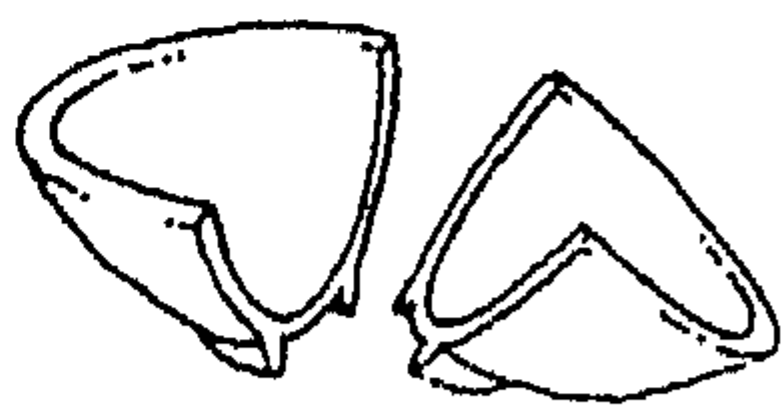
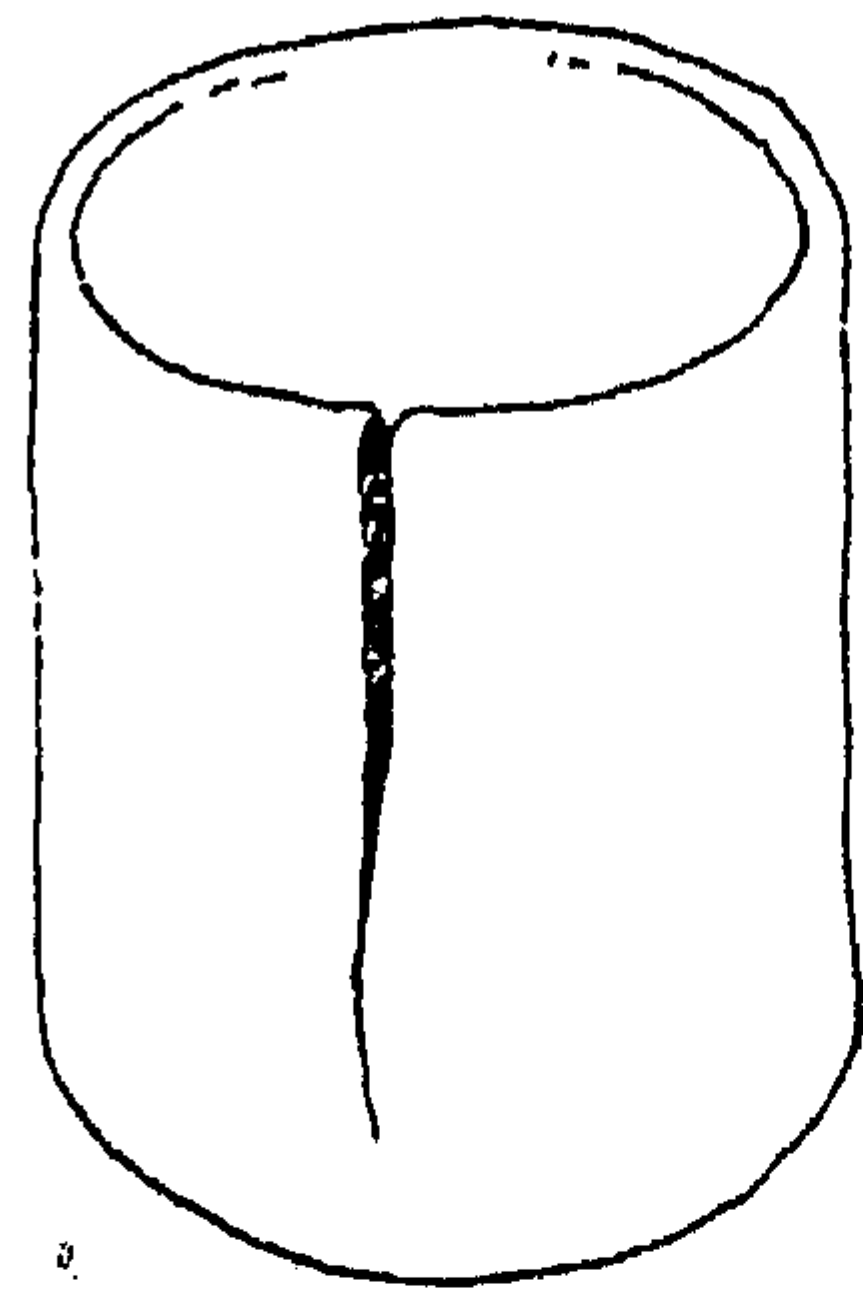




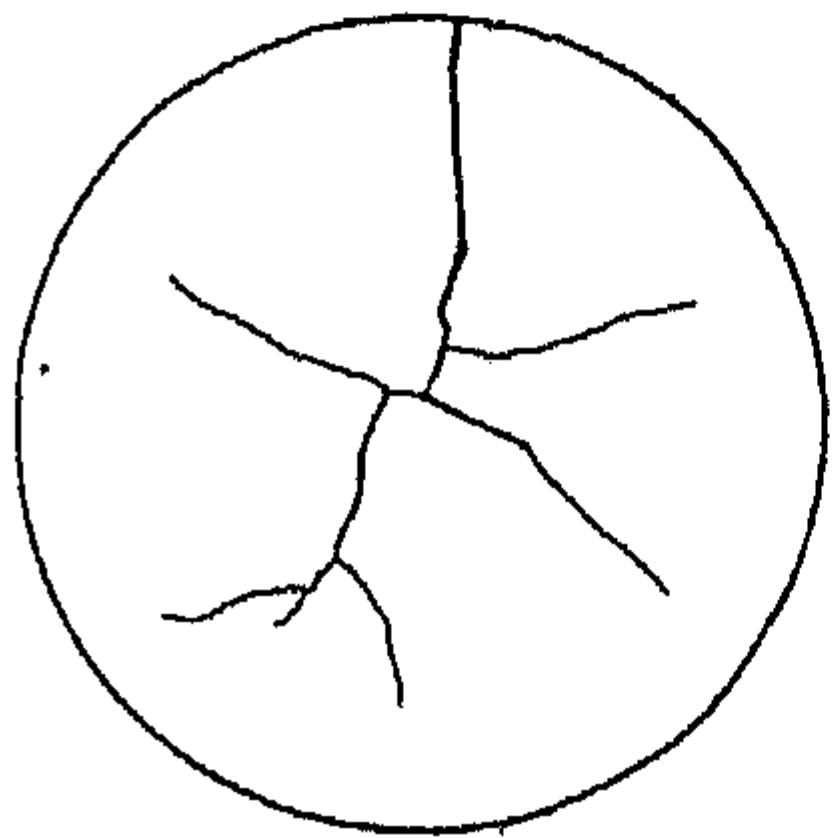
ب



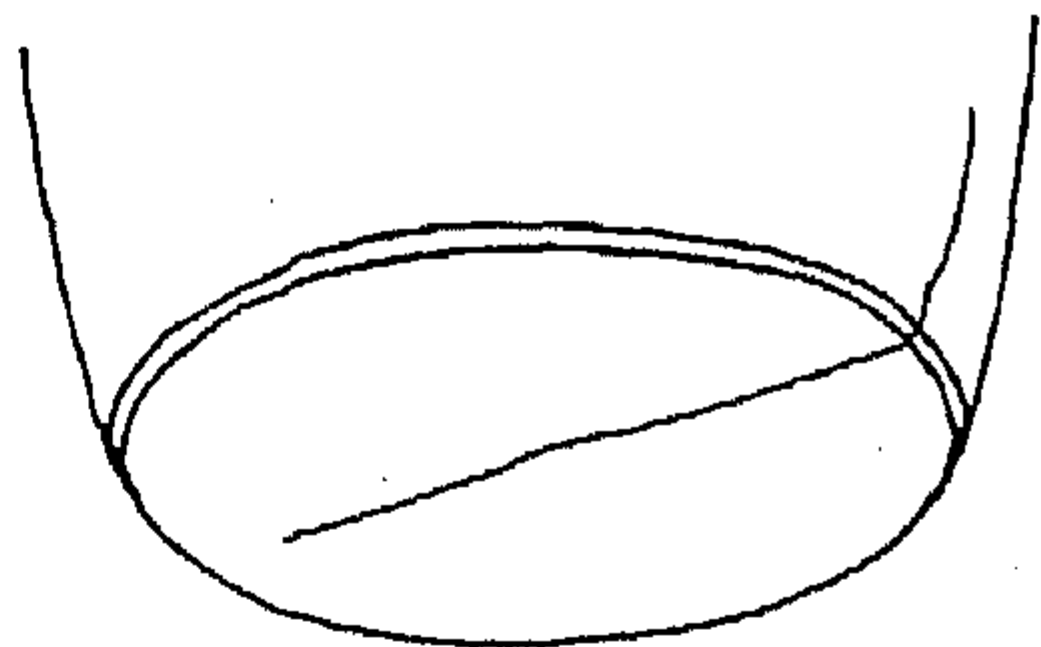
- أ -



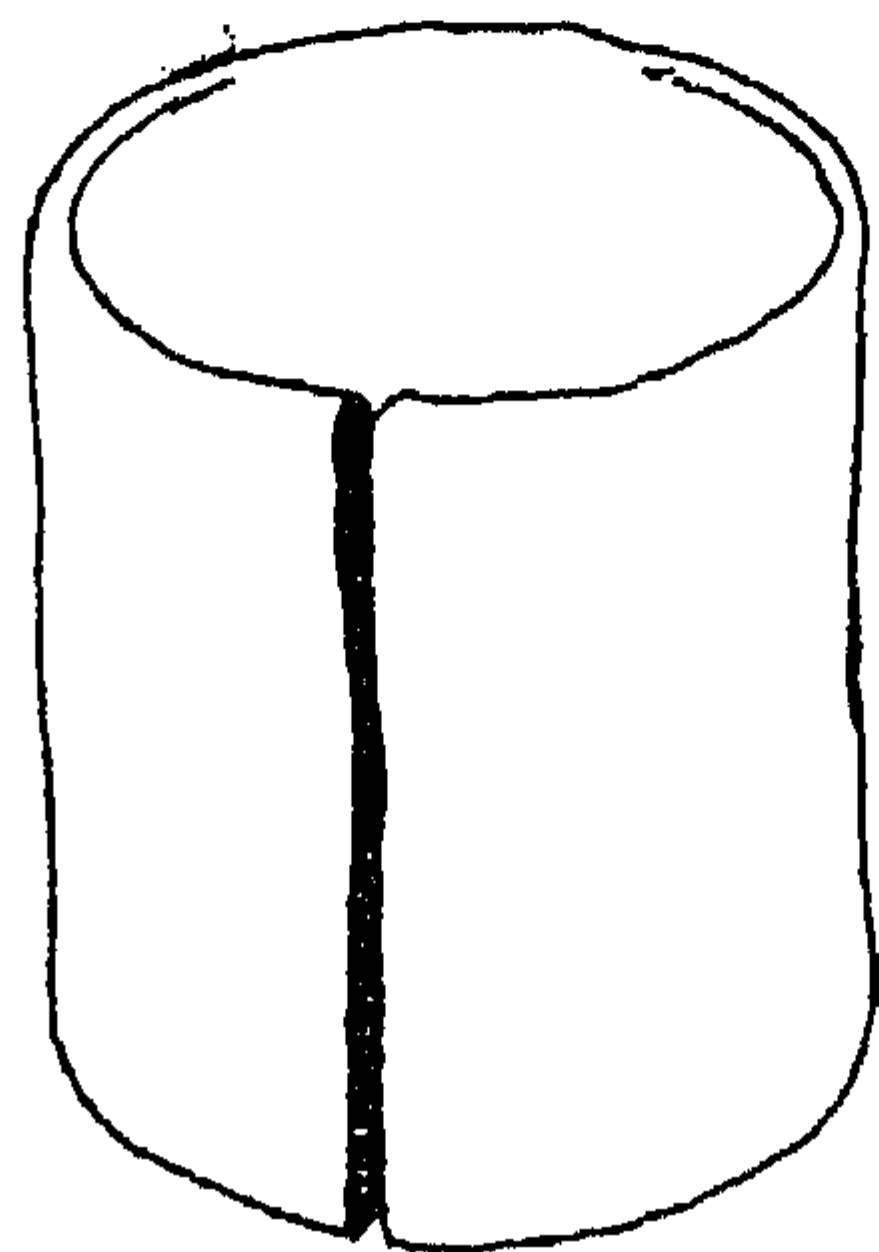
د



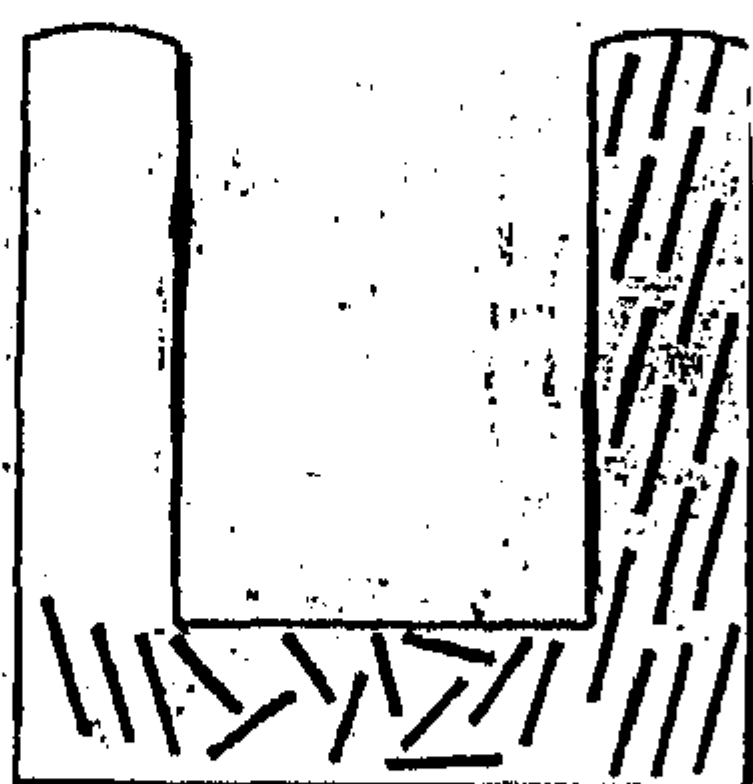
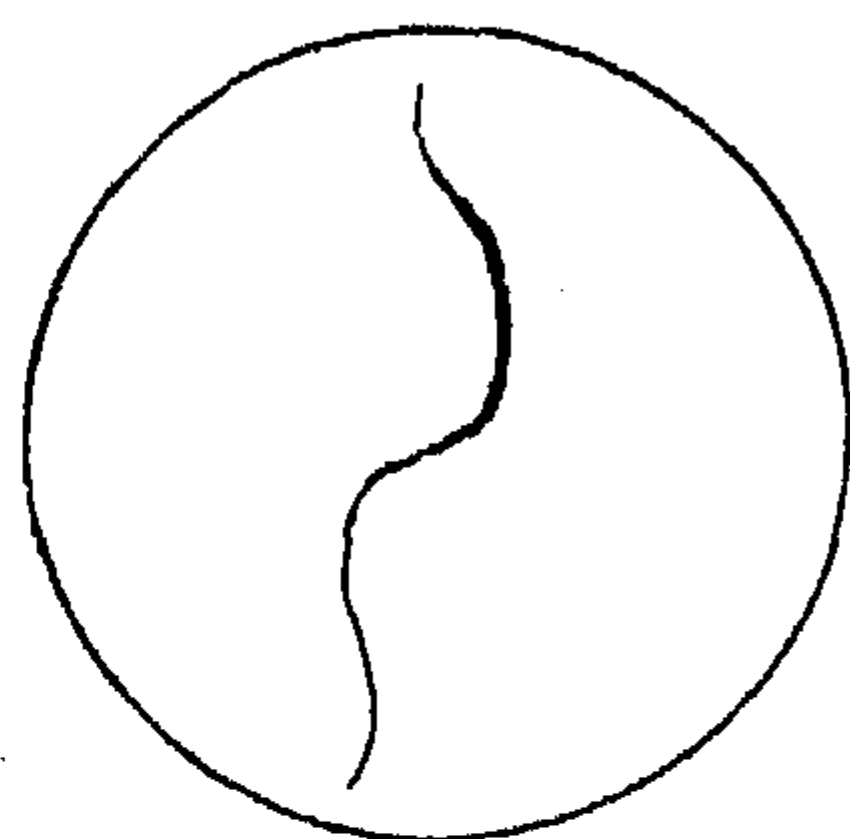
و



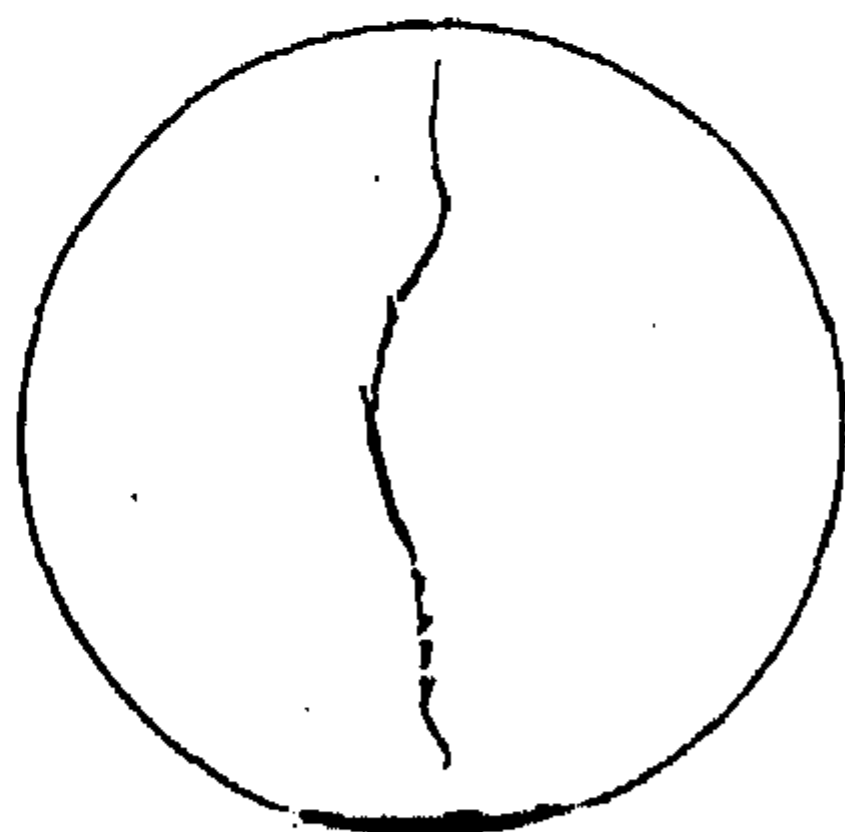
هـ



ج



- ل -



ن

شكل رقم (٩) يوضح بعض مظاهر التلف الناتج عن عيب الصناعة (Hamer, F. 1986).





وانكماش البدن والتزجيج الذى يسبب ضغوطا داخلية تؤدي فى النهاية إلى حدوث التصدع . وبعد تجمع هذه العوامل معا من ضغوط زائدة و تصميم غير جيد بالإضافة إلى الحرق غير السليم يؤدي فى النهاية إلى تشرخ القطعة .

وعن أنواع هذا التصدع فإنه هناك تصدع البسكويت Biscuit dunts وهذا النوع يحدث ربما نتيجة التبريد وذلك بسبب تحولات الكوارتز والتريديميت والكريستوباليت مما يؤدي إلى انخفاض مفاجئ فى حجم البدن . وهذا النوع من التصدع فى البسكويت يكون عبارة عن شروخ شعرية دقيقة Hair Cracks يمكن رؤيتها بصعوبة وهى تظهر بشكل يشابه رص الآجر المستخدم فى المباني وتظهر هذه الشروخ عند تزجيج القطعة حيث يمتص الشرخ مزيد من التزجيج .

ولا يجب الخلط بين شبكة الشروخ الناتجة عن التصدع والشروخ الدقيقة التى توجد فى التزجيج Crazeing حيث أن الأخيرة تكون عبارة عن مربعات ومخمسات ومسدسات غير منتظمة بينما شروخ التصدع تكون مستطيلة وقائمة الزوايا .

وهناك أيضا تصدع الحرق Firing dunts والذى يحدث أيضا نتيجة تحولات الكريستوباليت والكوارتز عند تسخين التزجيج وهذه التحولات تعطى البدن زيادة مفاجئة فى الحجم وإن لم تتم هذه الزيادة بشكل متجانس أو متساوى خلال القطعة فإن ذلك سوف يؤدي إلى وجود ضغوط بين جزئين من القطعة ويحدث هذا نتيجة الحرق بمعدل سريع جدا .

والنوع الأخير هو تصدع التبريد Cooling dunts وهو أشهر الأنواع ويحدث أثناء التبريد بعد حرق التزجيج أو بعد درجة الحرارة المرتفعة للبسكويت غير المزجج مثل الأواني الحجرية Stone ware ، وهذا النوع تكون حوافه حادة، كذلك فإن الرف الموجود عليه القطع فى الفرن يجعل القاعدة تحتفظ بالحرارة أكثر من الجزء العلوى ، وبالتالي فإن الجزء العلوى ينكمش أكثر من القاعدة و ينتج عن ذلك شرخ دائرى على بعد حوالى ١ بوصة (٢,٥٤سم) من القاعدة (1) .

هذا بالإضافة إلى أن بعض القطع تتعرض للتشرخ بمجرد فتح الفرن ، وهناك أيضا الشروخ التى تنتج عن الاستخدام وذلك نتيجة الصدمة الحرارية وذلك مثل ما يحدث فى أدوات الإضاءة محل الدراسة .

---

(1) Hamer , F . ; Op. Cit , P . 108 .



لقد اتفق كل من Hodges<sup>(1)</sup> (١٩٦٤) و Kenny<sup>(2)</sup> (١٩٧٦) و Fraser<sup>(3)</sup> (١٩٨٦) Hamer<sup>(4)</sup> (١٩٨٦) و Zakin<sup>(5)</sup> (١٩٩٠) و Rhodes<sup>(6)</sup> (١٩٩٦) و Buys & Oakly<sup>(7)</sup> (١٩٩٩) و Nelson & Burkett<sup>(8)</sup> (٢٠٠٢) على أن الشروخ الدقيقة في التزجيج Crazing. تعد أهم عيوب التزجيج حيث أنها تمثل تطور لشبكة الشروخ الدقيقة في سطح التزجيج وقد تظهر هذه الشروخ عندما تؤخذ القطع من الفرن أو قد تظهر بعد حرق القطعة بفترة طويلة ، ولملاحظة سبب تشرح التزجيج يجب البحث عن مصادر الشد بين البدن والتزجيج ، حيث يتشرح التزجيج و تحت تأثير الشد و عند تبريد القطعة فإن البدن ينكمش بنسبة أقل من انكماش التزجيج. كما أن الحرق السريع والحرق غير المتساوي يسببان ضغوطاً داخل القطعة حيث أن كل من الطفلة والتزجيج يتعرضان لتمدد خفيف عند التسخين وانكماش عند التبريد حيث أن كمية التمدد والانكماش ترتبط بمعامل التمدد الحراري .

ونجد أنه إذا كان البدن مسامى فإن الشروخ الموجودة بالتزجيج تسمح بدخول أى سوائل يحتويها البدن ، وقد تكون الشروخ دقيقة فلا يمكن رؤيتها بالعين المجردة وقد تكون أكثر وضوحاً خاصة في التزجيجات السميكة ، ولا تظهر الشروخ إذا كان معدل التمدد والانكماش بالنسبة للبدن والتزجيج متشابهين .

كما نلاحظ أن السطح الخارجى " التزجيج " يتأثر أولاً بالحرارة وبعد ذلك تنتقل درجة الحرارة المختلفة بالتوصيل الحرارى إلى البدن وعند ذلك ينتج ضغط بين التزجيج و سطح البدن، وللتبريد المفاجئ تأثير أكبر في حدوث التشرح Crazing وذلك بالمقارنة مع تأثير التسخين المفاجئ وللتغلب على هذه المشكلة فإنه لا يكفى تشابه معامل التمدد الحرارى للبدن والتزجيج فقط وإنما يجب أن يكون معامل تمدد التزجيج أقل من معامل تمدد البدن فمن المعروف أن التزجيج يتحمل الضغط Compression ولا يتحمل الشد Tension .

(1) Hodes, H. ; Artifacts . 1964 , P . 46 .

(2) Kenny, J . B . ; The Complete Book of pottery making , 2<sup>nd</sup> edition , Chilton book Company, 1976 , P . 265 .

(3) Fraser , H. ; O P Cit P . 73 .

(4) Hamer , F. ; OP Cit P . 87 .

(5) Zakin , R. ; Ceramics, mastering The craft , chilton book company , USA , 1990 , P. 60.

(6) Rhodes , D.; The Clay and glaze for The Potter , A & C Black London , 1996 , P. 241.

(7) Buys , S. & Oakly , V . : O P Cit , P . 20 .

(8) Nelson, G. C. & Burkett , R . ; Ceramics Apotter's hand book , sixth edition , Worth , Thomson Learning , USA , 2002 , P . 109 .



وقد وجد أن التزجيج الذى يحتوى على نسبة كبيرة من أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم يكون أكثر عرضه للتشقق وذلك بسبب ارتفاع معدل الانكماش نتيجة ارتفاع معامل التمدد الحرارى ، وعلى العكس من ذلك عند وجود نسب مرتفعة من أكاسيد الكالسيوم أو الرصاص والتي تكون منخفضة فى معامل تمددها الحرارى وعليه تكون أقل عرضة للتشقق .

ويكون التزجيج غير مناسب وذلك نتيجة خطأ فى خليط التزجيج خاصة التزجيج الذى يحتوى نسبة كبيرة من المواد المصهرة القلوية بسبب ارتفاع معامل التمدد الحرارى لها ، كذلك احتواء البدن على نسبة كبيرة من الكوارتز الذى يتعرض لتحولات ينتج عنها ضغوط تؤدي إلى حدوث التشرخ .

ويلاحظ أن كلا من البدن والتزجيج يتعامل بطريقة مختلفة عند التسخين والتبريد ، فعندما ينضج البدن ويتكون داخله أطوار زجاجية ينصهر التزجيج على السطح أما عند التبريد فإن التزجيج يكتمل تكونه بالتبريد فى حين أن البدن يحتاج إلى فقد الحرارة وبالتالي فإن كلا من البدن والتزجيج بعد تجمدهما يبدأان فى الانكماش وذلك نتيجة التبريد .

وتجمع هذه الشروخ الدقيقة الإتساعات والأترية مما يسهل ملاحظتها وأول الشروخ يكون أطولها ويسمى الشرخ الأولي Primary Crazing بينما الشروخ الأخرى الأصغر فهي تملء التزجيج وتسمى الشروخ الثانوية Secondary Crazing أو يؤدي التغير فى درجة الحرارة اليومية إلى تمدد وانكماش ينتج عنه التشرخ فى التزجيج وهذا ما يحدث فى أدوات الإضاءة محل الدراسة والتي كانت تتعرض للحرارة اليومية نتيجة الاستخدام . ويظهر ذلك بوضوح فى الصورة رقم (٨) القطعة من متحف الفن الإسلامى بالقاهرة .

#### ٥ - الشروخ المقصودة Crackle

هى شروخ توجد بالتزجيج تستخدم كزخرفة حيث يوجد شرخ كبير أساسى وبجانبه شروخ أخرى صغيرة ، ويمكن عمل هذه الشروخ المقصودة وذلك باستخدام أكثر من نوع من التزجيج وبالتالي يمكن الحصول على أنماط مختلفة من الشروخ<sup>(١)</sup> . ويمكن الحصول على هذه الشروخ من التزجيجات القلوية التى تتكمش أكثر من أنواع التزجيج الأخرى وبالتالي يحدث تشقق<sup>(٢)</sup> .

وهذه الشروخ الموجودة فى التزجيج تكون أكثر سهولة فى الحصول عليها من تجنبها ويمكن الحصول على هذا النوع بخفض كمية الفلنت والألومينا<sup>(٣)</sup> .

(1) Hamer , F . ; Op. Cit . P . 85 .

(2) Cuff, Y. H.; Ceramic Technology for Potters and Sculptors, University of Pennsylvania Press , USA , 1996 , P . 255 .

(3) Kenny , J . B . ;Op. Cit , P . 263 .



ولكن أدوات الإضاءة ليست من الأنواع التي قصد منها الخزاف الحصول على ترجيج به شروخ وذلك لأن البدن يحتوى على زيت يستخدم فى الإضاءة .

## ٦ - تجمع الترجيج Crawling

وقد أشارت Riad <sup>(1)</sup> (٢٠٠١) أن الزحف هو الجزء المكشوف من البدن الذى لا يغطيه الترجيج ويرجع ذلك إلى الشد السطحي المرتفع وارتفاع لزوجة الترجيج .

وتحدث هذه الظاهرة عندما يلتف الترجيج ويعود مرة أخرى للخلف ويترك مكانه على البدن وقد يحدث هذا على جزء يوجد به بطانه ، والترجيج الذى يحدث له زحف يتميز بارتفاع الشد السطحي له وكذلك اللزوجة المرتفعة ، فارتفاع نسبة الألومينا يجعل الترجيج يتميز بلزوجة مرتفعة بالإضافة لذلك فإن وجود الأكاسيد المعتمدة مثل أكسيد القصدير تزيد من الشد السطحي وهذا يشجع حدوث الزحف ، ويعد أكسيد الزنك هو السبب الرئيسى لحدوث الزحف قبل أن يؤدي الحرق إلى حدوث انكماش ، والشروخ التى تنتج قبل الحرق هى أشهر مسببات الزحف .

بالإضافة إلى ما سبق فهناك سبب آخر وهو البدن الدهنى والترايبى الذى يمنع الترجيج من الالتصاق بالسطح و كذلك حرق القطعة وهى مازالت رطبة بعد تطبيق الترجيج ، ومن المعروف أن الترجيج الرصاصى يغطى البدن جيدا أكثر من الترجيج غير الرصاصى <sup>(2)</sup> .

ومن الأسباب الأخرى التى تساعد على حدوث الزحف عدم وجود لصق كاف للترجيج وبالتالي يحدث تشرخ قبل وضع القطعة بالفرن بالإضافة إلى الحرق غير الكاف وحرق الترجيج قبل تمام جفافه و البدن الزائد المسامية ووجود طفلة فى الترجيج بكمية كبيرة <sup>(3)</sup> .

ومن خلال ملاحظة نماذج أدوات الإضاءة المختلفة سواء فى المتحف الإسلامى بباب الخلق أو بعض عينات الفسطاط أو المتحف الإسلامى بكلية الآثار نلاحظ انتشار هذه الظاهرة سواء فى البدن الخارجى وفى بعض الأحيان يظهر الزحف فى الجزء الداخلى من البدن وتوضح الصورة رقم (٩) هذه الظاهرة لعينة من الفسطاط .

## ٧ - التقشر Peeling

وهو على عكس التشرخ Crazeing وينتج بسبب وجود قوى ضغط فى الترجيج والتى تزيد عن قوة الربط بين البدن والترجيج ويؤدى ذلك إلى حدوث قص shear لطبقة الترجيج الموجودة عند الأطراف أو الحواف ويظهر فى صورة شرخ دقيق فى الترجيج وينفصل جزء من الترجيج

(1) Riad, Gh.R. ; Flow properties of raw glaze Suspensions , PHD , Faculty of Engineering , Cairo University , 2001 , P . 33 .

(2) Hamer , F . ; Op. Cit., P . 86 .

(3) Kenny , J . B . ; Op. Cit., P . 265 .





عن البدن ويعد التقشر أقل انتشارا في التزجيج من التشرخ Crazing والسبب في ذلك أن التزجيج يتحمل تأثير الضغط عشرة أضعاف تحمله للشد (1) .

ويشمل ذلك التزجيج أو التزجيج والبطانة حيث يسقط التزجيج من على سطح البدن في صورة قشور ويظهر ذلك في حالة وجود بطانة على البدن مرتفع درجة حرارة الحرق أو البدن مرتفع المسامية وذلك يحدث نتيجة عدم وجود قوة ربط كافية بين التزجيج والبدن وهذا الربط يفقد نتيجة وجود ضغوط . وقد ينتج التقشر أيضا عن عدم التوازن في كوارتز البدن والتزجيج فإذا كان البدن يحتوى كميات أكبر من الكوارتز فإن الانكماش عند التبريد يكون كبير ويميل التزجيج إلى التقشر (2) .

## ٨ - الانتفاخ Bloating

ينتج الانتفاخ عند حدوث انتفاش في القطع المحروقة نتيجة تمدد الغازات داخل الأجزاء المزججة ويحدث هذا العيب أيضا عند حرق البسكوييت عند درجة حرارة مرتفعة تؤدي إلى تكوين تزجج ، وقد يكون الانتفاخ في شكل فقاعات دقيقة جدا وتحدث هذه الفقاعات في الأجزاء جيدة الحرق (3) .

وينتج الانتفاخ أثناء الحرق حيث ينتج العديد من الغازات من البدن وتخرج هذه الغازات من مسام البدن فإذا كانت مسام البدن مغلقة بطبقة من التزجيج أو ببطانة مزججة فإن هذه الغازات لا يمكنها الخروج وبالتالي يحدث الانتفاخ .

والغازات تشمل أول وثاني أكسيد الكربون الذي ينتج عند ٧٠٠ - ٩٠٠ °م أما أكاسيد الكبريت المختلفة فتنتج عند ٧٠٠ - ١١٥٠ °م ، والمشكلة الأكبر تنتج وتزداد من الكربون الذي لم يحترق احتراقا كاملا أثناء مرحلة حرق البسكوييت Biscuit Firing حيث أنه يظل في البدن ويكون غير قادر على التأكسد بسبب عزله عن الجو الخارجى ويتأكسد هذا الكربون بأخذ الأكسجين من أكسيد الحديد ويتفاعل الحديد المختزل كأنه مادة مصهرة كما في المعادلة :



ويظهر الانتفاخ عندما يكون البدن مزجج السطحين (4) وتؤدي زيادة كمية الغازات المتكونة إلى زيادة خطورة الانتفاخ (5) .

(1) Fraser , H . ;Op. Cit P . 104 .

(2) Buys , S. & Oakly , V. ; Op Cit P . 21 .

(3) Fraser , H . ;Op. Cit P . 18 .

(4) Hamer , F . ; Op. Cit P . 27 .

(5) Fraser , H . ; Op. Cit P . 64 .



تحدث هذه الظاهرة فى التزجيج الذى يحتوى فقاعات انفجرت فوهاتها وتنتج الفقاعات الغازية بين البدن والتزجيج حيث أن ارتفاع درجة الحرارة ينتج عنه بعض الغازات كما سبق الذكر عند الحديث عن ظاهرة الانتفاخ كما أن بعض المكونات تبدأ فى الغليان والتطاير مثل أكسيد الرصاص فوق ١١٥٠ م° وأكسيد الصوديوم أعلى من ١٢٠٠ م° (١) .

وإذا تعرض التزجيج الرصاصى بشكل مفاجيء للجو المختزل فإنه يكون عرضه للتبرثر وذلك لأن أكسيد الرصاص يكون حساس لجو الفرن (٢) .

ونلاحظ أن المنطقة المتبرثرة تحتوى فوهات لا تعد ولا تحصى وفقاعات وحفر والسبب الرئيسى هو الحرق الزائد والذى يجعل التزجيج المنصهر يغلى كما أن بعض المواد الملونة من أكاسيد وكربونات خاصة المنجنيز تغير حالتها من الأكسدة أثناء الحرق مما يؤدى إلى إنتاج غازات تسبب حفر وتبرثر فى التزجيج .



واستخدام مواد بيضاء مثل كربونات الكالسيوم أيضا تؤدى إلى حدوث التبرثر (٣) .



## ١٠ - الثقوب الإبرية Pinholing

عبارة عن حفر صغيرة فى سطح التزجيج تشبه فتحات الإبرة والأسطح الأفقية عرضة لتكون الحفر أكثر من الأسطح الرئيسية وتنتج هذه الفتحات من انفجار الفقاعات عند فوهاتها (٤) .

وتظهر الحفر على السطح وتنتج عن نشاط التزجيج أثناء الحرق حيث أن معظم التزجيجات تعاني من تغيرات طورية عند درجات حرارة معينة أثناء الحرق . وتختفى هذه الظاهرة فى التزجيجات مرتفعة اللزوجة عند الحرق لذلك يضاف بعض المواد الخافضة للزوجة مثل فلبسبارت الصوديوم أو استخدام الحميص Frit أو نزع بعض المواد التى تسبب ارتفاع اللزوجة مثل الطفلة ، التيتانيوم والزركونيوم (٥) .

وقد تكون الحفر كبيرة أو صغيرة وتتشابه فوهاتها مع شكل البركان ، وهناك ظروف عديدة تتسبب فى وجود هذه الحفر مثل وجود الجيوب الهوائية كذلك فإن التزجيج وعملية الحرق لهما دور

(1) Hamer , H . ; Op. Cit P . 27 .

(2) Rhodes , D . ; Op. Cit P . 247 .

(3) Fraser , H . ; Op. Cit , P . 58 .

(4) Hamer , F ; Op. Cit P . 222 .

(5) Zakin , R ; Op. Cit , P 80.



كبير في وجود الحفر <sup>(1)</sup> . كما أن البدن المسامي يحتوى على فقاعات تتسبب في حدوث الحفر ، بالإضافة إلى وجود الكبريتات التى قد تحتويها بعض الطفلات تصل الى السطح عند التجفيف مكونة طبقة بيضاء ينتج عن ذلك غازات نتيجة تفاعل هذه الكبريتات مع التزجيج <sup>(2)</sup> .

وتظهر الفقاعات عند تفكك التزجيج ويزداد حجم هذه الفقاعات بزيادة درجة الحرارة ، وكلما ازداد سمك التزجيج زادت كمية الفقاعات بينما تقل كمية وحجم الفقاعات بإنخفاض سمك التزجيج حيث يمكن خروج الفقاعات بسهولة من التزجيج بسرعة أكبر ، وتنتج أيضا من زيادة حرق التزجيج، هذا بالإضافة الى الغازات التى تنتج من بعض المواد مثل كربونات الكالسيوم والدولوميت عند الحرق <sup>(3)</sup> .

بالإضافة الى ما سبق فإن هناك مظاهر أخرى يمكن ملاحظتها فى أدوات الإضاءة محل الدراسة . تعتمد على عيوب الصناعة ، ومن هذه المظاهر الهشاشة Friability حيث أن قوة البدن ترتبط بكمية التزجج الداخلى الموجودة بالبدن ولكن يكون البدن حساس للتأثر بالتلف من الصدمات الفيزيائية <sup>(4)</sup> .

بالإضافة إلى ما سبق فإن هناك مظاهر مرتبطة بالاستخدام مثل اللون الأسود Blackening وهو أحد مظاهر التلف الناتجة عن استخدام أدوات الإضاءة وذلك نتيجة تحلل " حرق زيت الإضاءة " بالإضافة إلى حرق الفتائل وهذا يؤدي إلى تشويه السطح كما أن هذه الإتساخات تخفى بعض الزخارف أسفلها <sup>(5)</sup> .

كما أن هناك البقع Stains التى توجد فى أدوات الإضاءة الخزفية نتيجة الاستخدام وما تحتويه من زيت ويتضح ذلك فى الصورة (٨) كما أن هناك بعض البقع التى تنتج من استخدام الأسلاك المعدنية فى أعمال الترميم . بالإضافة إلى البقع الناتجة عن الأملاح وما ينتج عن الدفن من اترربة وعوالق <sup>(6)</sup> .

---

(1) Rhodes . D . ; Op.Cit., P.246 .

(2) Nelson . G.C.& Burkett , R . ; OP. Cit., P. 261 .

(3) Fraser . H. ; Op. Cit., P. 102 .

(4) Smith . S. ; Op. Cit., 1996 , P . 848 .

(5) Honey borne , D . B.; Op. Cit., P . 165 .

(6) Davison , S . & Tay lor , R . ; Op. Cit., P . 40 .



يعرف التآكل بأنه تفاعل كيميائي فيزيائي أو كهربائي بين مكونين أو أكثر وطبيعة التفاعل تتشابه مع التفاعلات التي تحدث أثناء الحرق ولكن تأثير التآكل غير مرغوب فيه <sup>(1)</sup> .

وهناك نوعان من التآكل أحدهما طبيعي Physical corrosion وهو الذي ينتج عن تأثير العوامل الطبيعية مثل تأثير التمدد والانكماش نتيجة التغيرات الشديدة في درجات الحرارة ، أما النوع الآخر فهو التآكل الكيميائي Chemical Corrosion وهو الذي ينتج عن مهاجمة المحاليل الكيميائية وتفاعلاتها مع مكونات البدن الخزفي ، ومن الصعب إرجاع التآكل إلى عامل محدد وإنما يعتمد التآكل على خصائص الخزف وطبيعة الوسط المحيط بالإضافة إلى العوامل الخارجية <sup>(2)</sup> .

كما أن تأثير التآكل على الخواص الميكانيكية للخزف مرتفع الحرق يرجع إلى تطبيق عملية الحرق حيث أن الشوائب والوقود قد يتفاعلا ويترسبا كعوامل تآكل ملحية وهناك عوامل تؤثر في تآكل الخزف منها تأثير القلويات والأحماض بالإضافة إلى المواد التي تمنع التآكل مثل  $SiO_2$  وكذلك كمية الملح المترسب الذي يؤدي إلى تنشيط الأكسدة <sup>(3)</sup> .

ويحدث التلف الكيميائي للترجيح وذلك بالهجوم المباشر للماء والحمض مما يؤدي إلى تكوين مكونات غازية مثل  $CO_2$  ،  $SO_2$  وهذا يشبه عمليات الصدأ الذي نلاحظه في سطح الزجاج الذي يتميز بمقاومة منخفضة وتتكون طبقة من الجل Gel وذلك بإزالة المكونات القلوية : أو الرصاص وينتج عن ذلك زيادة ونمو طبقة صدأ من الكبريتات والكربونات المتبلورة <sup>(4)</sup> .

ويحدث التآكل عندما تكون نسب مكونات الترجيح غير سليمة وفي هذه الحالة يتميز الترجيح بعدم الثبات ، وحتى في حالة أن الترجيح يكون ثابتاً فإن الدفن في التربة لفترات طويلة خاصة في ظروف التربة الرطبة يسبب نزح تدريجي للأيونات المعدنية مثل الصوديوم والبوتاسيوم من الترجيح وقد تكون رقيقة فيتم تأكلها بسهولة <sup>(5)</sup> . ويحدث التآكل أيضاً نتيجة وجود الخزف في بيئة بها محاليل ذات ملوحة مختلفة أو تحتوي على بعض المواد الحامضية <sup>(6)</sup> .

(1) Grim Shaw, R . W.; Op. Cit . P . 767 .

(<sup>٢</sup>) ماجد عبد الغفار موسى : مقاومة الخرسانة للمياه الكبريتية والمياه تحت الأرضية . رسالة ماجستير قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة الأزهر ، ١٩٨٨ ص ٢ .

(3) Smialek , J. L & Jacobson, N . S . ; Mechanism of Strength degradation For hot Corrosion of  $\alpha$  . Sic , in: J. Am Ceram . Soc . 69 (10) 1996 , P . 741

(4) Pilz , M . & M , Carthy , B . : Op. Cit P . 29 .

(5) Smith , S . : Op. . Cit , P. 847.

(6) Franklin, U. M. & Vitali, V. ; The environmental Stability of ancient Ceramics, Archaeometry . 27 ( 1) 1985 , PP.3-15.





ويكون للمحاليل القدرة على التفاعل مع المكون الرئيسى للخزف ليكون فى النهاية نواتج للتفاعل تكون قابلة للذوبان وبالتالي يحدث تآكل مستمر ، ويختلف معدل هجوم المحاليل باختلاف درجة الحرارة ولزوجة السائل وحركته (1) .

ويمكن تلخيص الطرق التى يحدث بها التآكل إلى عملية الإذابة أو النزع Dissolution process وتتضمن هذه العملية إزاحة أو إذابة أحد مكونات التزجيج القابلة لذلك بعملية التبادل الأيونى مع أيونات المحلول وينتج عن ذلك طبقة مسامية من التزجيج ، وهناك أيضا طريقة التآكل التفاضلى Etching process حيث تعمل هذه الطريقة على الإزاحة أو الإذابة شبه الكاملة لسطح التزجيج وينتج من ذلك طبقة جديدة من سطح التزجيج ، كذلك عملية التحلل Decomposition process التى تتضمن تفكك أو تحلل المواد غير القابلة للذوبان فى المحاليل المختلفة (2) .

كذلك هناك مظاهر أخرى مثل الليونة أو التفتت Soft or Crumbling ويظهر ذلك عند وجود الأثر فى تربة رطبه خاصة عندما يكون الخزف غير جيد الحرق وبالتالي يكتسب البدن الماء تدريجيا ويصبح ليئا وذلك عندما يكون البدن مسامى . أما فى حالة التربة الحمضية فقد يتم فقد الكالسيت فى حين أن القطع جيدة الحرق يحدث لها نوبان للأطوار الزجاجية فى التربة القلوية (3)

ويظهر التآكل مداه فى الصورة رقم (١٠) حيث تعرضت قاعدة هذه المسرجة الموجودة بمتحف الفن الإسلامى للضعف والتآكل .

---

(1) Lay, L . A. ; Op. Cit., P. 38 .

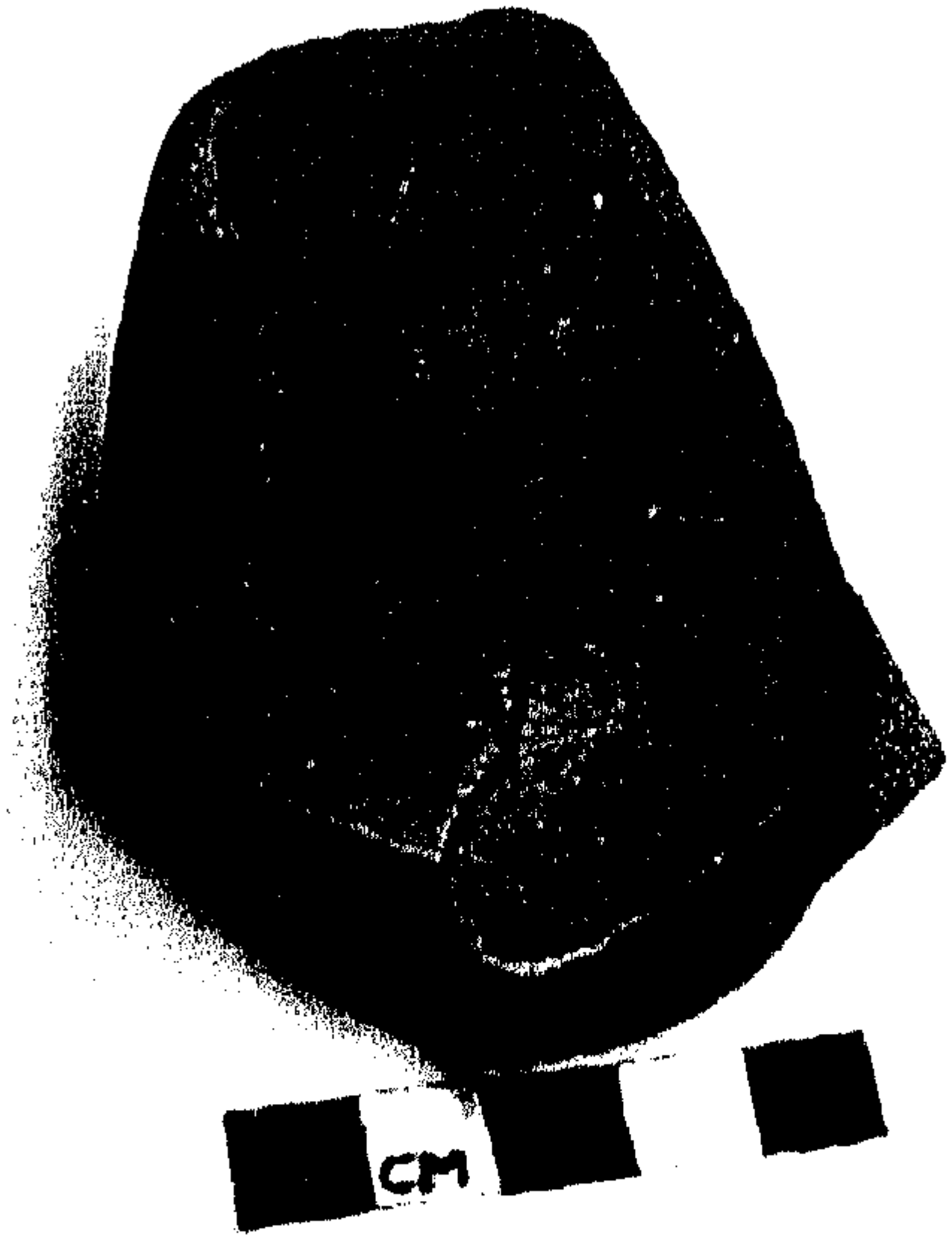
(٢) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٠٠ .

(3) Cronyn , J. M., : Op. Cit. P. 145 .





صورة رقم (٨) توضح الشروخ المنتشرة  
في التزجيج



صورة رقم (٧) توضح شروخ  
بالقاعدة علي شكل حرف S



صورة رقم (١٠) توضح التآكل والضعف  
الذي ينتشر بقاعدة مسرجة



صورة رقم (٩) توضح عدم تغطية طبقة  
التزجيج لباقي أجزاء البدن



## الفصل الرابع

دراسة علاج وصيانة

أدوات الإضاءة الخزفية



مما لا شك فيه أن عمليات علاج أدوات الإضاءة الخزفية هي تتويج لكل الدراسات التي تمت على هذه الأدوات من دراسة لخاماتها وتقنية صناعتها وكذلك دراسة خواصها المختلفة، بالإضافة إلى دراسة مظاهر التلف وأسبابه .

وقبل البدء في عمليات العلاج فإن هناك عملية التسجيل والتوثيق Documentation حيث يتم عمل تسجيل كامل قبل و أثناء وبعد مراحل العلاج المختلفة ، ويتم تسجيل كل مرحلة من مراحل التنظيف والتقوية وغيرها من عمليات العلاج (1) .

وأولى مراحل العلاج هي :

أولا : التنظيف Cleaning

يعبر التنظيف عن إزالة المواد الغريبة غير الأصلية من المادة الأثرية ، وتدخل المواد الغريبة من مصادر مختلفة منها الملوثات الجوية وكذلك مواد الترميم السابقة ، والتنظيف هو أهم عمليات ترميم الخزف (2) . وعملية إزالة العوالق من السطح هي عملية ميكانيكية بين البدن الصلب والسائل المنظف وبالتالي يجب على المرمم الحيطة والحذر عند تنظيف السطح (3) .

وتعد قوة الربط Adhesion Forces هي المسؤولة عن ربط الجزيئات "العوالق" بالسطح ومن الضروري معرفة قوى الربط بين الجزيئات والسطح وذلك لمعرفة إمكانية الإزالة، حيث تكون القوة كافية للتخلص من هذه العوالق ، وتعتمد قوة الربط على طبيعة المواد العالقة والمادة الأصلية، ومن المعروف أن الجزيئات الصغيرة تكون أصعب في إزالتها من الجزيئات الكبيرة (4) ، وهناك عدة طرق يمكن استخدامها عند التنظيف وهي :-

## ١ - التنظيف الميكانيكي Mechanical Cleaning

يمتد التنظيف الميكانيكي من استخدام الفرش المختلفة ومرورا بالفرر والإبر التي تستخدم في تنظيف التفاصيل الدقيقة ووصولاً إلى الطرق التي يستخدم فيها ضغط الهواء . ومن السهل التحكم في طرق التنظيف الميكانيكي أكثر من التحكم في الطرق الكيميائية ، كما أنه لا توجد

(1) Feilden , B. M. ; Principles of Conservation , in: Conservation of historic Stone buildings and monuments , National academy Press , Washington , D.C. 1982 , P.26 .

(2) Buys , S.& Oakley , V.: The Conservation and Restoration of Ceramics , Butter Worth , Heinemann , London , 1999 , P.84 .

(3) Alessandrini ,G. et al; The Cleaning of deteriorated stone Minerals , in: Conservation of stone and other materials ,edited by Thiel , M.J., vol. 2, UNESCO,Paris,1993, P. 503 .

(4) Busnaina , A.A.; Surface Cleaning , Particle removal , in Critical Cleaning , by Kanegsberg ,B. & Kanegsberg , E., CRC Press , USA . 2001 , PP.491-504 .





الخطورة التي تنتج عند دخول الأتربة أو العوالق إلى داخل البدن بواسطة المحاليل وتظهر هذه المشكلة في البدن مرتفع المسامية . وبالرغم مما سبق فإن التنظيف الميكانيكي قد يسبب تلف فيزيائي وذلك بحدوث تآكل أو كشط ويظهر ذلك في البدن منخفض الحرق (1) .

وتستخدم الفرش الناعمة لإزالة الإلتساخات والأتربة غير شديدة الالتصاق بالسطح أما إذا كانت شديدة الالتصاق بالسطح فيتم استخدام الفرر والمشارط ولكن برفق شديد (2) .

وتظهر أهمية التنظيف الميكانيكي عند إزالة الترميم السابق الخاطئ (3) ، فقد يتغير لون مادة الترميم أو يحدث لها تدهور وبالتالي يتم إزالتها ميكانيكيا في البداية ويلى ذلك استخدام المحاليل المختلفة ، وبالنسبة لإزالة الأتربة الخفيفة Removal of fine dust وتكون الأتربة غير ملتصقة بالسطح بقوة فيستخدم هنا الفرش اليدوية أو ممسحة من القطن أو قطعة من القماش ويمكن أيضاً استخدام شفط الهواء .

وتستخدم طريقة النقر والقطع Picking&Cutting في حالة الرواسب الصلبة والملتصقة بالسطح مثل الأتربة الناتجة عن عملية الدفن أو مواد الترميم القديم باستخدام الأدوات المناسبة مثل الإبر والفرر والمشارط الحادة وقد يقوم المرمم بإعداد أدوات مناسبة وفقاً للحالات التي يصادفها .

أما طريقة الكشط والحك Abrading فتستخدم في إزالة الترسبات السطحية بواسطة أدوات صلبة مثل الفرش المصنوعة من الفيبرجلاس أو آلة تنظيف الأسنان ويجب أن تكون هذه الأدوات ذات صلادة أكبر من صلادة الإلتساخات وأقل من صلادة البدن الخزفي حتى تؤثر على الإلتساخات دون أن تؤثر على البدن .

وهناك أيضاً طريقة المسحوق والعجائن Powders and Putties حيث أن مسحوق المطاط يستخدم لإزالة الأتربة والعوالق من فوق السطح وذلك بوضع المسحوق على السطح ويتم مسحة بواسطة أصابع اليد بحركة دائرية لأصابع اليد حيث تلتصق الإلتساخات بالمسحوق ويمكن إزالتها بالفرشاة (4) .

---

(1) Buys , S.& Oakley , V. : OP Cit , P. 86 .

(٢) نجوى سيد عبد الرحيم : دراسة علمية لعلاج وصيانة المواد المصنعة المستخدمة في تزيين المشغولات الأثرية في مصر القديمة خلال الدولة الحديثة والعصر المتأخر ، رسالة دكتوراه ، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم الترميم ، ٢٠٠٣ ص ١٢٩ .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : دراسة تقنية وعلاج وصيانة الآثار الفخارية القبطية الملونة تطبيقاً على بعض النماذج الفخارية من المتحف القبطي ، رسالة ماجستير ، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم الترميم ، ٢٠٠٣ ص ١٢٥ .

(4) Buy , S . & Oakley , V. ;OP Cit . P. 87 .



## ٢ - التنظيف الكيميائي Chemical Cleaning

يعتمد التنظيف الكيميائي على استخدام المحاليل والمذيبات المختلفة حيث تتفاعل هذه المحاليل مع المواد المرتبطة بالسطح وتعمل على إزالتها ، ويكون التنظيف الكيميائي أسرع من التنظيف الميكانيكي كما أنه يعطى تنظيف جيد إلا إنه قد يعمل على إزالة الطبقة المعروفة بالباتنا Patina<sup>(1)</sup> .

وتتحدد كفاءة مواد التنظيف من خلال الشد السطحي Surface tension فإذا كان الشد السطحي للمحلول مرتفع فإنه يكون قطرات كروية ويكون الاتصال مع السطح أقل ما يمكن خاصة فى حالة الماء والسطح الدهنى . ومن ناحية أخرى فإن المحاليل منخفضة الشد السطحي تسبب أقصى بلل للسطح مثل الماء على المعدن<sup>(2)</sup> .

وأولى المواد التى يتم استخدامها فى التنظيف الكيميائي هو الماء  $H_2O$  الذى يطلق عليه المذيب القطبى Polar Solvent ، ويعد الماء من المواد التى ليس لها أضرار وهو الأكثر تأثيراً لإزالة العوالق ويزيل الجزيئات المعدنية ويذيب الرواسب المختلفة وآثار الدفن ، ويستخدم الماء الخالى من الأيونات deionised water وإذا لم يتيسر وجوده يستخدم الماء المقطر distilled water الذى يفضل عن ماء الصنبور<sup>(3)</sup> .

وهناك عدة عمليات تصاحب استخدام الماء فى التنظيف (وهى التنديهِ والاستحلاب والذوبان والتصبين) حيث أنه فى التنديهِ Wetting يتغلغل الماء إلى السطح وتقل قوة الربط بين السطح والرواسب الموجودة عليه وذلك من خلال تقليل الشد بين السطح والعوالق . أما الاستحلاب Emulsification فيحدث فيه تنديهِ أولاً ثم يلى ذلك تبادل بين السوائل غير القابلة للامتزاج . فى حين أن الذوبان Solubilization هو عملية زيادة ذوبان المادة . أما التصبين Saponification وهو التفاعل بين الزيوت العضوية المحتوية على أحماض أمينية مع قلويات حرة لتكوين صوابين.

- أحماض أمينية غير ذائبة + قلوى = صابون يذوب فى الماء<sup>(4)</sup> .

---

(١) محمد عبد الهادى وحسان عامر : التنظيف الميكانيكى للحجر الرملى . الملتقى الثالث لجمعية الآثاريين العرب - الندوة العلمية الثانية ٢١-١٣ نوفمبر ٢٠٠٠ مطبعة جامعة القاهرة . الجزء الثانى ص ١٢٦٨ .

(2) Stambolov , T.; The deterioration and Conservation of Porous building materials in monuments , second edition , Rome , 1976 . P.36 .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٢٦ .

(4) Bockhorst , R.& Beeks , M. and Keller , D. ; Aqueous Cleaning Essentials , in Critical Cleaning . by Kanegsberg , B . and Kangsberg E. , CRC Press , USA . 2001 . PP.37-58 .



وقد لا يعطى الماء نتائج جيدة وفي هذه الحالة نلجأ إلى استخدام بعض الإضافات مع الماء والتي تساعد فى التنظيف بكفاءة أكبر فقد يضاف فوق أكسيد الهيدروجين أو الأمونيا أو بعض المذيبات العضوية مثل الكحول أو الأسيتون لزيادة تبخر الماء (1) .

- فوق أكسيد الهيدروجين **Hydrogen Peroxide H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** يستخدم فى إزالة البقايا العضوية مثل بقع السناج والبقع الدهنية والشمعية كما يستخدم فى إزالة بقع كبريتيد الحديد السوداء ويكمن نشاط فوق أكسيد الهيدروجين فى أنه ينحل أثناء التفاعل وينتج عنه الماء والأكسجين النشط الذى يزيل اللون الناتج عن الإتساخات (2) .



ويستخدم فوق أكسيد الهيدروجين بتركيز ٣% فى الماء وذلك لتنظيف الفقاعات و الحفر الموجودة بالسطح ويمكن زيادة تركيز المحلول إلى ١٠ - ١٥ - ٢٥% وذلك عند الضرورة (3) .

ويعتبر فوق أكسيد الهيدروجين من المبيضات Bleaches حيث يعمل على إزالة الألوان غير المرغوب فيها والتي تسببها الإتساخات ، ولإحداث عملية التبييض يستخدم ٢٠ سم محلول H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> بتركيز ٦% ويتم التنظيف موضعيا يتبعه الشطف بالماء فيعطينا النتيجة المطلوبة. وفى حالة استخدام H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> على البدن المسامى فيجب إجراء اختبارات أولية لمعرفة درجة تأثيرها ومدى امتصاصها له إضافة إلى معرفة قدر ترسبه بها لأن بقايا فوق أكسيد الهيدروجين تظل نشطه داخل البدن الخزفى ، وعند وجود بقع سوداء (قد تكون ناتجة من البكتيريا والفطريات ومركبات الأسفلت) يتم استخدام محلول ٣% من فوق أكسيد الهيدروجين مع الماء المقطر لمدة ٢٤ ساعة وبعد زوال البقع يعالج السطح بالماء المقطر لمدة ٤٨ ساعة (4) .

ويستخدم فوق أكسيد الهيدروجين فى تنظيف الشروخ حيث توضع كمادة من القطن المغمور فى H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> وتوضع على طول الشرخ وتترك الكمادة لمدة كافية ثم يتم إزالتها حيث يعمل فوق أكسيد الهيدروجين على نزع وذو ج الإتساخات وترسيبها داخل الكمادة (5) .

(1) Kanegsberg , B.; Overview of Cleaning agent , in Critical Cleaning by Kanegsberg , B. and Kanegsberg , E., CRC Press , USA , 2001 , PP.3-20 .

(٢) رجب أبو الحسن : دراسة علاج وصيانة الآثار المستخرجة من الحفائر تطبيقات على منطقة حفائر تل حسن داوود عصر ما قبل الأسرات ، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠١ ، ص ١٣٠ .

(3) Gibson, B. M. ; Methods of removing white and black deposits, Studies in Conservation , 1971 , PP .18- 23 .

(٤) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣١ .

(٥) فاطمة صلاح مذكور : دراسة تقنية وعلاج وصيانة البلاطات الخزفية الأثرية فى مصر مع التطبيق العملى على بعض النماذج من العصر العثمانى وعهد محمد على ، رسالة ماجستير ، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم الترميم ، ١٩٩٩ ، ص ٩٥ .



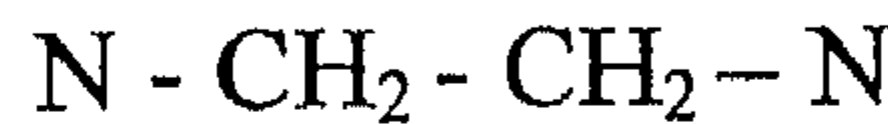
وقد يضاف إلى فوق أكسيد الهيدروجين قطرة أو قطرتين من الأمونيا حيث تعمل الأمونيا كعامل مساعد " محفز " Catalyst وقد يعمل هذا المحلول على تغيير لوني Discoloration للبدن. كما أن فوق أكسيد الهيدروجين يجب ألا يطبق مباشرة على سطح جاف حيث أن ذلك يؤدي إلى تثبيت البقع دائما ولكن يجب أن تبلل القطعة في ماء بارد . وبعد ذلك يطبق المحلول بواسطة القطن ولا يجب أن تجف الكمادة وإنما يجب تحديثها دائما وبعد إزالة البقع يتم غسلها بالماء . أما إذا كانت البقع شديدة الالتصاق فإنه يمكن استخدام تركيز أعلى وكمية ماء أقل (1) .

- **محلول الأمونيا  $NH_4 (OH)$**  وهذا المحلول عبارة عن هيدروكسيد أمونيوم وعادة ما يستخدم بتركيز ٣٥% مع الماء (هذا التركيز مرتفع جدا ولا ينصح باستخدامه) ويستخدم هذا المحلول في إزالة بقع السناج وأي بقايا من أصل عضوي ويستخدم أيضا لإزالة بقع النحاس ، وقد يستخدم خليط من محلول الأمونيا لإزالة شموع الشيلاك وكذلك الشحوم الحيوانية ويتم التنظيف بواسطة كمادة من القطن لمدة ١٢ ساعة ويلى ذلك غسل القطعة جيدا بالماء (2) .

أما بقع القار فيمكن إزالتها بمحلول ذو نسب متساوية من ( Ammonia + Benzene + Methanol) ويشبع القطن بهذا المحلول وتنظف به مواضع البقع مع تغيير القطن حتى اختفاء اللون الأسود وبعد ذلك يعالج السطح بالماء المقطر ويجفف (3) .

- **القلويات Alkalies** بالإضافة إلى الأمونيا هناك هيدروكسيد الصوديوم NaOH وكذلك كربونات الصوديوم  $Na_2CO_3$  وبيكربونات الصوديوم  $NaHCO_3$  التي تزيل الدهون الحيوانية والشموع ولكنها تؤثر على البدن والتزجيج ، كما تنمو البلورات الملحية عند عدم الإزالة الكاملة لهذه القلويات (4) .

- **محلول EDTA Ethylene Diamine tetra Acetic Acid** ورمزه



يتميز بقدرته على استخلاص الأيونات المعدنية ويستخدم بتركيز ٥% (5) ، ويفيد هذا

(1) Acton, L . & McAuley , P. ; Repairing Pottery and Porcelain , Herbert Press , London , 1996. P . 28

(2) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit . P. 183 .

(٣) . الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٢٨ .

(4) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit P.90 .

(٥) . نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣٥ .





المحلول فى إزالة بقع الحديد (1) .

- محلول الكالجون Calgon وهذا هو الاسم التجاري لسداسي ميتا فوسفات الصوديوم Sodium Hexa meta Phosphate و يتم تحضيره فى الماء الدافئ بنسبة ٢ - ٣% ويتم التقليل جيدا لإذابة المسحوق ويفيد المحلول فى إزالة كل الإرساخات والدهون العالقة بالسطح وفى حالة البقع العنيدة يتم تغيير المحلول وتترك لمدة أطول (2) .

- المذيبات العضوية Organic Solvents تستخدم المذيبات العضوية فى عمليات ترميم الخزف وذلك لإزالة بعض الإرساخات أو إزالة الترميم القديم وكذلك تستخدم فى تطبيق البوليمرات كالأصق أو مقويات ويسمى هذا النوع من التنظيف بالتنظيف الجاف Dry Cleaning ونلجأ إليه عندما لا تسمح حالة الأثر باستخدام الماء . وأهم أنواع هذه المذيبات الهيدروكربونات Hydrocarbons وتشمل الكحول الأبيض  $\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{OH}$  وهو مذيب جيد للزيوت والدهون والشموع والقار وبعض الأصباغ وإزالة الترميم القديم وكذلك التولوين Toluene  $\text{C}_6 \text{H}_6 \text{CH}_3$  والزايلين Xylene  $\text{C}_6 \text{H}_6(\text{CH}_3)_2$  ، ويتميز التولوين بأنه أكثر تطايراً من الزايلين ويساهم كل منهما فى إزالة لاصق Poly Vinyl Acetate (PVA) و Poly Vinyl PVAL (Alcohols) وبعض الأصماغ الطبيعية ومشتقات السليلوز .

- الهيدروكربونات الكلورية Chlorinated hydrocarbons وتعمل هذه المجموعة على إستفاش البوليمرات القديمة ومن أمثلتها الكلورفورم ورابع كلوريد الكربون وثلاثى كلورو الإيثان وثلاثى كلورو الميثان وتفيد هذه المجموعة أيضاً فى إزالة الترميم القديم وكسر روابط اللواصق القديمة مثل الأيبوكسى والشيلاك والمطاط والبولى إستر والاكريلات (3) .

- الكحولات Alcohols تتميز هذه المجموعة بوجود مجموعة الهيدروكسيل (OH) ومن أهم أنواعه الإيثانول Ethanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) ويستخدم مع فوق أكسيد الهيدروجين أو الأمونيا فى إزالة البقع الصعبة وكذلك هناك الميثانول  $\text{CH}_3 \text{OH}$  والإيزوبروبانول Isopropanol ( $(\text{CH}_3)_2 \text{CHOH}$ ) .

- الكيتونات Ketones وأشهر المذيبات هى الأستيون Acetone  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  ويستخدم لإزالة الزيوت والدهون وبعض أنواع الشموع وبعض طلاءات الأكرليك (4) .

(1) Hamilton, D.H.L.: Methods of Conserving Archaeological materials Culture, Conservation of archaeological resources , USA , 1994 , P.18 .

(٢) فاطمة صلاح مذكور : المرجع السابق . ص ٩٤ .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٢٩ .

(4) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit 186 .



بالإضافة إلى المواد السابقة الذكر فإن هناك بعض الطرق الأخرى التي تستخدم في التنظيف ومن هذه الطرق :-

#### - الكمادات Poultices

وهي عبارة عن مواد تسحب البقع من البدن الخزفي <sup>(1)</sup> وفي هذه الحالة تحل الكمادات محل المذيبات والمحاليل سالفة الذكر وذلك في إزالة البقع من فوق تلك الأسطح وخاصة إذا كانت تلك البقع صعبة وممتصة داخل مسام البدن <sup>(2)</sup>. ونظرا لعدم الميل إلى استخدام المواد الكيميائية الحامضية والقاعدية والطرق الميكانيكية مثل السفح بالرمال لذلك لجأ البعض إلى تنظيف السطح باستخدام العجائن والكمادات الماصة مثل لب الورق، العجائن السليولوزية والطفلات <sup>(3)</sup>.

- **كمادة السيبوليت Sepiolite** وهي طفلة طبيعية ذات لون رمادي وتحتوي نسبة من سيليكات الماغنسيوم المائية وتتميز جزئياتها بالشكل الإبري ويوجد بداخل هذه الجزئيات (٢٤ - ٢٧) قناة طولية وذلك لتساهم في خلق نظام المسام ، وهذه المسام مسئولة عن امتصاص المحاليل التي تمتزج بها لتشكل العجينة .

- **كمادة اللابونيت Laponite R.D** وهي عبارة عن طفلة بيضاء دقيقة استخدمت بنجاح في إزالة البقع من البدن الخزفي ويساعد الشكل الصفائحي للجزئيات في تأثيرها كوسط قادر على إزالة البقع، كما أن طبيعتها نصف الشفافة يساعد في إمكانية ملاحظة إزالة البقع <sup>(4)</sup>.

وهذه الطفلة صناعية تستخدم في إزالة الدهون والبقع ، ولكن القطع يجب أن تغمس في ماء بارد لمدة ساعتين قبل تطبيق اللابونيت ويعمل المحلول طبقة جيلاينية سميكة ، وتغطي القطعة بطبقة ٣ - ٤ مم وتعمل هذه الطبقة تدريجيا على سحب البقع أثناء الجفاف وبعد ذلك يتم إزالة الكمادة وتغسل القطعة وتكرر هذه العملية حتى يتم التأكد من التنظيف التام . وفي حالة البقع العضوية فإن القطعة يتم غمسها أولا في منظف ثم ماء بارد ثم اللابونيت وقد يضاف كحول أبيض أو كحول مثيلي وذلك لتكون المعالجة فعالة ، وقد يضاف أمونيا أو فوق أكسيد الهيدروجين لإزالة الدهون والبقع <sup>(5)</sup>.

- **كمادة الأتابولجيت Attapulgit** وهي طفلة طبيعية تتكون من سيليكات الماغنسيوم والألومنيوم المائية وتكون في صورة سلاسل ثلاثية الأبعاد ويمنعها هذا التركيب الثلاثي الأبعاد من

(1) Acton , L. & McCauley , P . ; Op. Cit P. 28 .

(2) Buys , S. & Oakley , V. : Op. Cit P. 187 .

(3) Barbosa, A. C. et al; The use of Brazilian Bentonite for Cleaning Purposes, in: conservation of stone and other materials , Thiel , M.J. vol. 2 , Paris , 1993 , P.550 .

(4) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 187 .

(5) Acton , L.& McCauley , P . ; Op. Cit P . 28 .



الإنتنافش ، وهذه الطفلة لها القدرة على امتصاص كميات كبيرة من السوائل حيث أن ١٠٠٠ جم من الأتابولجيت يمكنها أن تمتص ١٥٠٠ جم من الماء دون أن يتغير حجمها (١) .

بالإضافة إلى الطرق والمواد السابقة فإن العلم الحديث أعطى مجال الترميم طرق وأجهزة حديثة أمكن الاستفادة منها في عملية التنظيف وأهم هذه الطرق التنظيف بالإنزيمات وكذلك الموجات فوق الصوتية بالإضافة إلى استخدام الليزر في التنظيف .

### أ - التنظيف بالإنزيمات Cleaning by Enzymes

الإنزيمات هي مواد معقدة وسيطة تهضم المواد العضوية المعقدة غير الذائبة وتحولها إلى مواد بسيطة قابلة للذوبان في الماء ، حيث يحول أنزيم البروتيز البروتين إلى أحماض أمينية و يحول أنزيم الديساتييز النشا إلى سكريات بسيطة ويحول أنزيم الليبيز الدهون إلى مستحلبات دهنية (٢) .

وتوجد العديد من الأنزيمات في جسم الإنسان لتقوم بهضم المواد العضوية المعقدة غير القابلة للذوبان وتحولها إلى مواد بسيطة قابلة للذوبان في الماء فهي تستطيع تكسير البروتين والنشا والدهون ، وتستخدم الأنزيمات في تنظيف الأسطح الأثرية من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون التي قد توجد وتجعلها قابلة للذوبان في الماء والإزالة ، ويمكن القول أن اللعاب الأدمى Human Saliva يحتوي كمية كبيرة من أنزيم الأميليز الذي يعطى نتائج جيدة في التنظيف (٣) .

ومن أهم هذه الإنزيمات Alcalase الذي يتميز بقدرته على القيام بعملية تحلل لكل أنواع البروتينات في حين أن إنزيم Celluzume يقوم بعملية تحلل لبوليمرات الجلوكوز Glucose polymers أما إنزيم Lipolase فيقوم بعملية التحلل للمواد الدهنية (٤) .

### ب - التنظيف بالموجات فوق الصوتية Cleaning by Ultrasonic Waves

يعتبر استخدام الموجات فوق الصوتية في التنظيف من الطرق الجيدة وتعطى نتائج دقيقة حيث يمكن عن طريقها إزالة الإرساخات من على الأسطح التالفة والتي تكون متهاكة وضعيفة كما أنها تمكن من تنظيف الحفر الدقيقة التي توجد على السطح نتيجة لعوامل التلف ويتم عملية التنظيف إما عن طريق آلة دقيقة كالتى يستعملها طبيب الأسنان في التنظيف أو عن طريق مصدر للموجات

(١) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit P. 187 .

(٢) حسام الدين عبد الحميد محمود : المنهج العلمي لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمنسوجات الأثرية . دار المعارف . القاهرة . ١٩٨٤ . ص ١٤١ .

(٣) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣٨ .

(٤) <http://www.Consemp.Com/catalog/c.html#enzymes> .



فوق الصوتية وكذلك إنشاء صغير Tank يوضع به محلول من هيدروكسيد الأمونيوم Ammonium hydroxide<sup>(1)</sup> .

وتفيد هذه الطريقة في حالة المناطق الدقيقة جدا مثل المناطق غير المستقرة كالزخارف غير جيدة الحرق ومناطق التزجيج الضعيفة والمفككة حيث يمكن باستخدام هذه الطريقة إزالة الإلتساخات من على الأسطح التالفة المحتوية على حفر دقيقة أو التزجيج الذى أصبح قديم ومتهالك<sup>(2)</sup> .

### ج - التنظيف بالليزر Laser Cleaning

لقد استخدم الليزر حديثا في تنظيف الأعمال الفنية الملونة وتخليصها من نواتج التلف وخاصة العضوية منها ويعتمد التنظيف بالليزر على التعرف الجيد لطبقات الأثر حيث يمكن إزالة طبقات بسماك ٢٠ - ٣٠٠ ميكرون . وكل مرحلة من مراحل التنظيف لها طاقة قصوى خاصة بها إما في إزالة الطبقات السميكة أو الطبقات الرقيقة من الإلتساخات<sup>(3)</sup> .

ويشبه التنظيف بالليزر الطرق الميكانيكية التي يستخدم فيها الفرش والمشارط والفرر أو كالتطرق الكيميائية التي تعتمد على إزالة الطبقة السطحية وبذلك يمكن استخدام الليزر لتحسين طرق التنظيف به وبذلك نحصل على صيانة أفضل للأثر ، وكذلك التلف الناتج عن تأثير الكائنات الحية الدقيقة التي قد تسبب تبعا في سطح التزجيج هذا بالإضافة إلى مواد الترميم التي يمكن أن تكون قد استخدمت منذ زمن مثل البوليمرات التي يتغير تركيبها ويتغير لونها ويكون التنظيف الكيميائي مضرا للأثر لأن هذه الطبقة تكون لصيقة بالسطح وكونت طبقة تشبه الجيل Gel-Layer . ويمكن تقسيم صور الإزالة المختلفة المستخدمة إلى ثلاث مجموعات رئيسية:-

#### ١ - إزالة حرارية ضوئية Photo Thermal Ablation

وتعتمد هذه الحالة على التأثير الحرارى ولذلك فهي تتعلق بدرجة الحرارة .

#### ٢ - إزالة بالتأثير الكيميائي الضوئي Photo Chemical Ablation

ويعتمد على أثر الطاقة المشعة في إحداث التغيرات الكيميائية وتكون على صلة مباشرة بالروابط الكيميائية التي تكسر .

(١) نجوى عبد الرحيم : نفس المرجع ص ١٣٠ .

(2) Buys , S. & Oakley , V.; Op. Cit P.91 .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٢٦ .





### ٣ - الجمع بين تأثير ١ ، ٢ Combination of 1 and 2

وللحصول على كل منهما فإنه يجب عند استخدام أشعة الليزر في التنظيف استخدام ذبذبة قصيرة من أشعة الليزر <sup>(١)</sup> .

بالإضافة إلى المواد والطرق السابقة فإنه لابد من الحرص والحذر عند التنظيف حيث أن الاستخدام الزائد للطرق الميكانيكية يؤدي إلى كشط ، أما الاستخدام الزائد للمواد الكيميائية فيؤدي إلى ضعف البدن <sup>(٢)</sup> وبالنسبة لتنظيف الشروخ الدقيقة التي تبدأ عند أحد الحواف وتتوقف في منتصف القطعة وقد يكون الشرخ غير ملاحظ وبمرور الوقت فإن الشرخ يمتلئ بالأتربة وبالتالي فإنه يحتاج إلى تنظيف ويستخدم لذلك فرشاة دقيقة جدا وقد يستخدم محلول كلوريد البوتاسيوم <sup>(٣)</sup> .

### إزالة مواد الترميم القديم Removal of Previous restoration Materials

تعد إزالة مواد الترميم الخاطئة من العمليات الضرورية عند القيام بأعمال إعادة الترميم وذلك لما تتعرض له هذه المواد من تدهور وتغير في الشكل والخواص بما لا يتناسب مع المادة الأصلية الأثرية لذلك كان الاهتمام بإزالة مواد الترميم غير السليمة سواء كانت مواد استكمال أو مواد استخدمت في اللصق .

### ١ - إزالة المواد المألثة Removal of filling materials

قد تكون هذه المواد جبس أو راتنجات صناعية مثل الايبوكسي أو الاكريليك أو البولى استر ويمكن تمييزها من خلال اللون والنسيج والصلادة .

وبالنسبة لإزالة مواد الاستكمال فإن الطرق الميكانيكية قد تكون هي الطريقة المفضلة خاصة في حالة إزالة مساحة كبيرة من الاستكمال أو عند إزالة كتلة ، وعلى سبيل المثال فإن الجبس الذى استخدم فى الاستكمال على نطاق واسع يفضل استخدام الطرق الميكانيكية عند إزالته وفى بعض الأحيان يتم تطريته أولا بالماء .

وتعتمد الأدوات التى يمكن استخدامها على شكل ومكان الجزء المستكمل حيث تستخدم أدوات متنوعة فقد يستخدم المشرط أو الإبر أو المثقاب Drill ويقوم المرمم بعمل مجموعة من الثقوب فى الجزء المستكمل وبعد ذلك يتم توصيل الثقوب ببعضها البعض ، أما البقايا التى تظل على الحواف فيمكن استخدام الطريقة الكيميائية معها حتى لا يحدث خدش للحواف ، وتستخدم

(١) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣١ .

(2) Cronyn , J.M.; The elements of archaeological conservation, Routledge, New York, USA , 1996 , P. 148 .

(3) Michel , J . ; The Restorer's hand book of Ceramic and Glass , Canada , 1976 , P.14 .



المذيبات فى إزالة بقايا مواد الاستكمال أو إزالة أجزاء صغيرة جدا ، حيث يستخدم الماء فى إزالة الطفلة غير المحروقة والتي استخدمت فى الاستكمال فى بعض الأحيان حيث تذوب فى الراتنجات الصناعية مثل راتنجات الايبوكسى وراتنجان الاكريليك وراتنجات البولى استر .

## Removal of adhesives

### ٢ - إزالة اللواصق

ويتم ذلك على مرحلتين أولهما فصل الجزأين الملتصقين والمرحلة الثانية هى إزالة بقايا المادة اللاصقة الموجودة على الحواف .

وبالنسبة لطرق إزالة المواد اللاصقة فإن هناك الإزالة الميكانيكية التى تبدأ بإزالة كمية من المادة اللاصقة باستخدام المشرط أو أبره ويتم ذلك فى حالة وجود المادة اللاصقة بكمية زائدة على السطح وتكون الطرق الميكانيكية مفيدة بعد فصل الأجزاء الملتصقة ، ويجب الحذر عند استخدام الطرق الميكانيكية حيث أنها تؤدى إلى كشط سطح الخزف أو التزجيج . أما بالنسبة للإزالة الكيميائية أو استخدام المذيبات العضوية فإن ذلك يعتمد على معرفة نوع المادة اللاصقة من خلال اللون والخصائص الفيزيائية الأخرى ، ويتم ذلك باختبار جزء من المادة اللاصقة ، وتستخدم المذيبات إما بالغمر أو باستخدام كمادة من القطن أو يخلط المذيب مع كربوكسى ميثيل سليولوز Carboxy methyl Cellulose وتغطى المادة بالبولى إيثيلين Poly ethylene .

- الغراء الحيوانى Animal glue يظهر بلون أصفر إلى بنى ويذوب فى الماء الدافئ .

- البيتومين Bitumen يكون صلب وأسود وهش ويذاب فى الهيدروكربونات الأروماتية<sup>(١)</sup>.

## Removal of salts

### ثانيا : استخلاص الأملاح

يمكن تقسيمها تبعا لقابليتها للذوبان فى الماء إلى أملاح قابلة للذوبان فى الماء و أملاح غير قابلة للذوبان فى الماء<sup>(٢)</sup> .

## Soluble Salts

### أ - الأملاح القابلة للذوبان فى الماء

منها أملاح الكلوريدات Chlorides والنترات Nitrates والفوسفات Phosphate حيث تتميز هذه المجموعة بهيجروسكوبيتها وقد تكون هذه الأملاح فى صورة أبرية ويمكن أن تزال بالغمر فى حمام ماء غير أيونى de-ionized water وفى حالة ضعف القطع الأثرية يجب عمل تقوية مبدئية إذا كانت ضعيفة ويستخدم لذلك Paraloid B.72 أو يستخدم النايلون الذائب Soluble Nylon لتثبيت السطح قبل الغسيل<sup>(٣)</sup> .

(1) Buys, S. & Oakley, V. ; OP Cit P.78.

(٢) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٤٠ .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣٣ .



ويمكن التحكم فى مشكلة الخزف الأثرى المحتوى على أملاح قابلة للذوبان فى الماء إما بالتحكم فى الرطوبة النسبية أو استخلاص الأملاح Desalination<sup>(1)</sup> .

ويمكن إزالة الأملاح القابلة للذوبان فى الماء عن طريق الغسيل بطريقتين :-

- إزالة فى مياه جارية . Desalination in running water.

يتم البدء بماء الصنبور غير المحتوى على نسبة مرتفعة من الأملاح وبعد ذلك يتم استخدام الماء المقطر وتؤخذ عينات من الماء لتحديد درجة الملوحة .

- إزالة فى الماء الساكن Desalination in Static water .

وفى هذه الحالة توضع القطعة فى حوض نظيف وتضاف ببطء كمية أولية من الماء حيث أن إضافة الماء بسرعة قد يتسبب فى خروج الهواء بسرعة مما يؤدي إلى حدوث ضغط على سطح القطع وقد تستخدم الكمادات poultices لهذا الغرض<sup>(2)</sup> . تبعا لحجم القطع المعالجة.

#### ب - الأملاح غير القابلة للذوبان Removal of Insoluble salts

أهم هذه الأملاح كربونات وكبريتات الكالسيوم والسيليكات ويفضل إزالة هذه الأملاح ميكانيكيا باستخدام الأدوات المناسبة .

ويستخدم محلول Ethylene Diamine Tetra acetic acid (EDTA) بتركيز ٥% لإزالة التكالسات الجيرية<sup>(3)</sup> . ويستخدم محلول ثيوكبريتات الصوديوم Sodium thio Sulfate  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  بنسبة ١٠% مع الماء أو محلول كربونات الأمونيوم بنسبة ١٠% مع الماء ثم الغسيل للأماكن المعالجة جيدا بالماء<sup>(4)</sup> .

بالإضافة إلى ما سبق فإن أحد المشاكل الفعلية للترجيح هى التشقق الذى غالبا ما يحدث نتيجة تمدد الأملاح الممتصة بالبدن الخزفى ولذلك يجب استخلاص هذه الأملاح قبل البدء فى التقوية وعادة ما تكون هذه الأملاح قابلة للذوبان فى الماء ويمكن إزالتها بغمر القطعة فى ماء مقطر ، ويجب الحذر حتى لا يحدث تساقط لطبقات الترجيح المنفصلة<sup>(5)</sup> .

(1) Paterakis , A. , B . & Nunberg, S., : The stabilization of archaeological pottery in an Excavation study collection through relative humidity control and through desalination, in Le Deselement des Materiaux poreux , Paris, 1996 . PP . 137-144 .

(٢) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٤٢ .

(3) Hamilton , D. ; Op. Cit . P . 18 .

(٤) فاطمة صلاح مذكور : المرجع السابق ص ١٠٣ .

(5) Larney , J . ; Restoring Ceramics , Barrie & Jenkins London , 1975 , P . 66 .



## ثالثا : التجميع Bonding

إن عملية الربط أو التجميع هي عبارة عن ضم الأجزاء المكسورة معا لإعادة الأثر المهشم إلى صورته وشكله الطبيعي الذي كان عليه قبل الكسر و يمكن تسميته إعادة بناء القطعة الأثرية<sup>(1)</sup> .

والغرض من استخدام المواد اللاصقة Adhesives هو تجميع الأجزاء المكسورة معا وذلك بتكوين روابط لكلا السطحين، والخطوة الأولى هي اختيار المادة اللاصقة حيث يجب التأكد من أن اللصق كاف ومناسب لسطح المادة . ويجب مراعاة أن تلوث السطح يؤثر على مدى الالتصاق بين المادة اللاصقة والسطح وذلك لأن الملوثات تضعف الالتصاق بالسطح وهذا يمنع الاتصال المباشر بين اللاصق والسطح<sup>(2)</sup> . وفيما يلي أهم نظريات الالتصاق .

### - نظريات الالتصاق Theories of Adhesion

هناك عدة نظريات للالتصاق . حيث أن العلاقة بين السطح الصلب والسوائل " التي عادة يطبق اللاصق في صورتها ، توزيع المادة اللاصقة حيث ان فهم هذه العلاقة يوضح ظاهرة الالتصاق Phenomena Adhesion وهذه النظريات هي :-

#### أ - النظرية الميكانيكية " الفيزيائية " Mechanical Theory

تعد أقدم النظريات وتعتمد على التغلغل داخل السطح وكذلك المسامية .

#### ب - نظرية الانتشار Diffusion Theory

تعتمد هذه النظرية على استقرار البوليمر على أحد الأسطح وينتشر البوليمر على السطح الآخر حيث تكون جزئيات البوليمر كبرى أو روابط تبدأ عند أحد الأسطح وتنتهي عند السطح الآخر .

#### ج - النظرية الكهربائية Electro static Theory

وتعتمد هذه النظرية على حساسية البوليمر للضغط وكذلك وجود الشحنات على السطح .

---

(<sup>1</sup>) محمد محمد مصطفى : دراسة مقارنة لأنواع الفخار والسيراميك في مصر مع ترميم وصيانة قطع فخارية أثرية ، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ١٩٩١ ص ١٤١ .

(2) Bradley, S.; Strength testing of adhesives and Consolidants for conservation Purposes ,in: adhesives and consolidants ,edited by Brommelle , N.S. et al , IIC , London , 1984 , PP.22-25 .





وتتضمن هذه النظرية الإدمصاص الفيزيائي Physical adsorption وهذه هي أكثر النظريات شيوعاً واستخدماً حيث أنها تعتمد على قوى فاندر فال Vander Walls بالإضافة إلى الإدمصاص الكيميائي Chemical adsorption وتصاب هذه العملية الإدمصاص ويكون الإدمصاص الكيميائي أقل استرجاعية من الإدمصاص الفيزيائي ، ويحدث في هذه العملية روابط هيدروجينية أو من خلال التبادل الأيوني (1) .

- الشروط الواجب توافرها في المادة اللاصقة

### ١ - قوة اللصق Strength of adhesive Bond.

يجب أن تكون المادة اللاصقة ذات قوة كافية لربط الكسر وإعطاء القطعة قوة مناسبة بعد التجميع تمكناً من تناولها ونقلها ، وبصفة عامة فإن اللواصق المستخدمة يجب أن تكون ذات قوة أضعف من مادة الأثر نفسه حتى لا ينتج عنها ضغوط وكذلك يمكن إعادة فكها إذا احتاج الأثر إلى إعادة ترميم مرة أخرى (2) .

### ٢ - الإسترجاعية Reversibility

يجب أن تتوافر في مادة اللصق خاصية الإسترجاعية حتى لا تتعرض القطعة للتلف مرة أخرى عند فكها . حيث نجد أن نترات السليلوز والبارالويد ب ٧٢ والتي يستخدم فيها مذيبات تتبخر فيتم إسترجاعها باستخدام نفس المذيب ، كما أن اللواصق التي لا تحتوى على روابط عرضية Cross - Linkage مثل البارالويد ونترات السليلوز تكون أسهل في الإزالة عن تلك التي تحتوى روابط عرضية مثل الايبوكس والبولي إستر (3) .

### ٣ - اللزوجة Viscosity

للزوجة المادة اللاصقة أهمية كبيرة عند اختياره وخاصة في العلاقة بين حجم المسام ولزوجة المادة اللاصقة ، فكلما كانت المادة اللاصقة أقل لزوجة كلما تسربت إلى عمق كبير في مادة الأثر ويصبح الربط بها جيد ، ويجب الأخذ في الاعتبار عند تجميع أى مادة أثرية ذات مسام ضيقة أن يستخدم معها لاصق ذو لزوجة منخفضة لكي تتسرب إلى عمق المادة الأثرية (4) .

(1) Allen , K.W. ; Adhesion and Adhesives some Fundamentals, in: adhesives and consolidants , edited by Brommelle , N.S. et al , IIC . London , 1984 , PP.5-12 .

(2) Newey , C . et al ; Science for conservators . Book 3 . Adhesives and Coatings , London, 1992 , P.49 .

(3) Acton , L . & McCauley , P.; Op. Cit , P.36 .

(4) Koob, S.P.; The use of Paraloid B. 72 as an adhesive : its application for archaeological Ceramics and Other materials , Studies in Conservation (31) , 1986 , PP.7-14 .



قد يكون اللون والشفافية غير هامين في حالة القطع المعتمدة ولكن اللون والشفافية تكون ذات أهمية كبيرة خاصة في حالة البور سلين الشفاف وعندئذ يجب استخدام لاصق عديم اللون ويمكن عمل بعض التعديلات بعد ذلك بإضافة بعض الأكاسيد الملونة أو المواد المائلة مثل السليكا Fumed Silica

## ٥ - المقاومة والملائمة للظروف البيئية

## Durability and Suitability to environmental Conditions

يجب أن تكون المادة اللاصقة ذات قوة تحمل عالية لجميع العوامل البيئية المحيطة بالأثر و أن تتحمل التغيرات التي تحدث في المستقبل مثل الارتفاع أو الانخفاض في درجة الحرارة والرطوبة وكذلك عدم التأثير بالضوء والعوامل البيولوجية بالإضافة الظروف الجوية .

## ٦ - معدل الانكماش Shrinkage rate

جميع اللواصق يحدث لها انكماش عند الجفاف ويجب أن يتميز اللاصق بإنخفاض معدل الانكماش حيث أن الانكماش المرتفع قد يؤدي إلى تفتت وتمزق الأثر تماما .

## ٧ - الصحة والأمان Health and Safety

يجب أن تكون المادة اللاصقة آمنة عند إستخدامها وأن تكون غير سامة (1) .

## Adhesives اللواصق

## ١ - بوليمرات الفينيل Vinyl Polymers

تعتبر بوليمرات الفينيل من عائلة الثرموبلاستيك Thermo Plastic وتتميز هذه المجموعة بأنها عديمة الرائحة وغير سامة كما أنها تتميز بالمرونة Flexibility عند درجات الحرارة المنخفضة وتعتبر مقاومتها للماء والمذيبات العضوية ضعيفة (2) . وتشمل هذه المجموعة عدة أنواع منها البولي فينيل أسيتات والبولي فينيل كحول والبولي فينيل بيوتيرال .

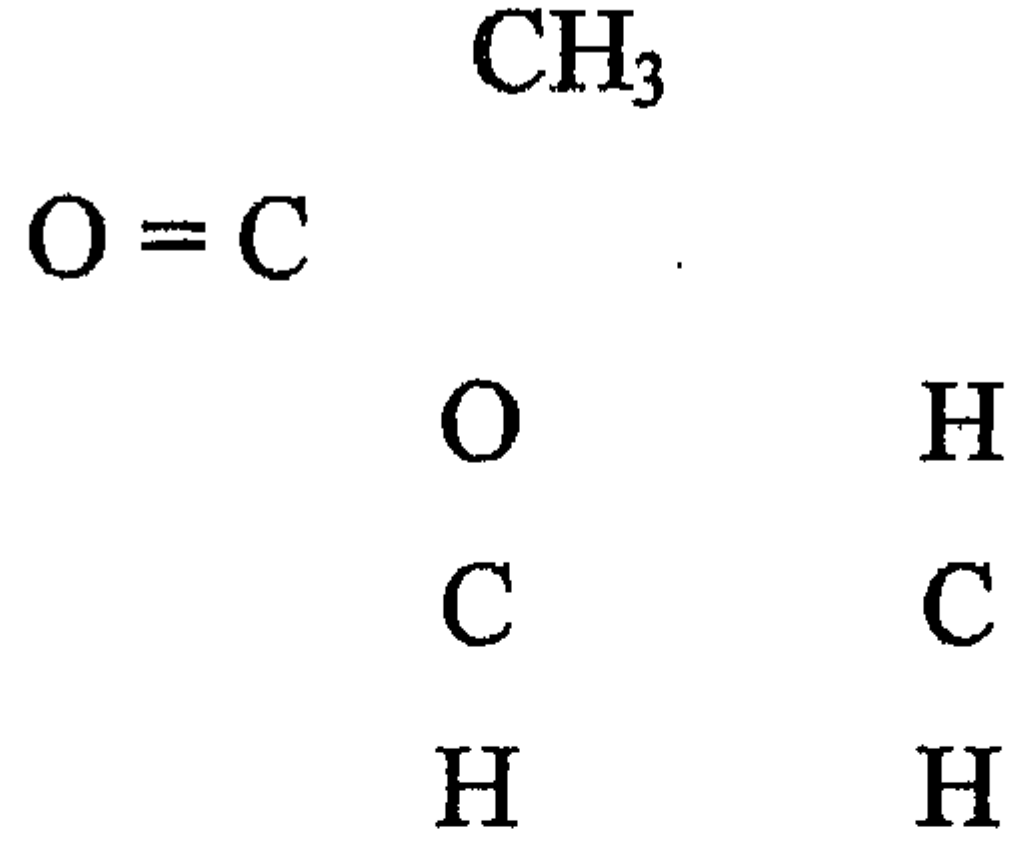
## أ - بولي فينيل أسيتات Poly Vinyl Acetate (PVAC)

وهو يوجد على شكل خطوط من خلال البوليمر ويتميز (PVAC) بأن درجة حرارة الانتقال الزجاجي له The glass Transition temperature تحدث عند درجة حرارة الغرفة.

(1) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ١٦٢ .

(2) Petrie , E.M. ; Hand book of Adhesives and Sealants, Mc Gram-Hill, U.S.A, 2000, P.403 .



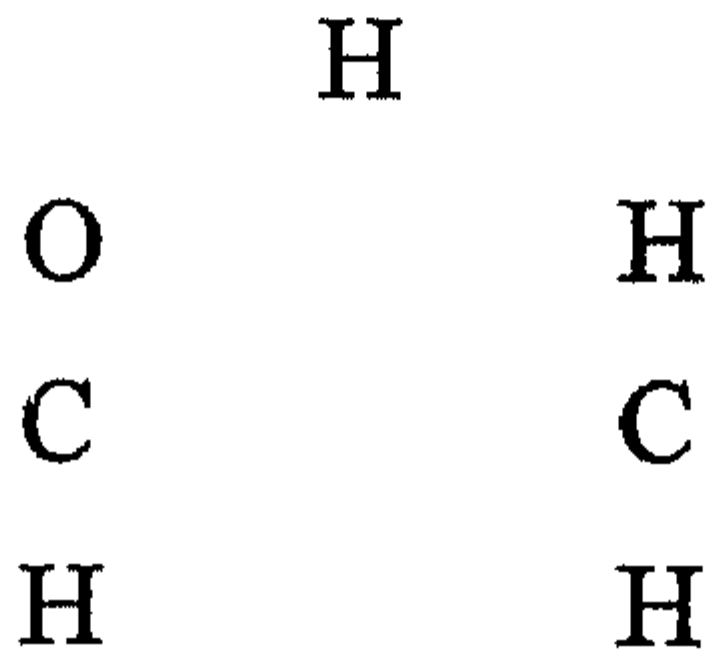


شكل يوضح وحدة مونمر للبولى فينيل أسيتات

ويمكن استخدام PVAC فى هيئة محاليل أو مستحلبات emulsions<sup>(1)</sup>.

### ب - بولى فينيل الكحول Poly Vinyl Alcohol (PVAL)

يمكن الحصول عليه بنزع مجموعات الخلـات Acetate groups وذلك باستخدام التحلل الكحولى Alcoholysis لمادة البولى فينيل أسيتات .



شكل يوضح وحدة مونمر للبولى فينيل الكحول

والبولى فينيل كحول سهل الذوبان فى الماء بالإضافة إلى المذيبات العضوية الأخرى<sup>(2)</sup>.

### ج - بولى فينيل بيوتـرال Poly Vinyl Butral (PVB)

يمكن الحصول عليه بتفاعل بولى فينيل الكحول مع الدهيد وقد استخدم كمكون ضمن (BJK) (Butvar(poly vinyl butral), Jute, Kaolinite) والذي استخدم فى الاستكمال وينوب (PVB) فى الكحول الإيثيلى والطولوين وخلات الايثيل والأسيتون والكحول الايزوبروبيلى والكحول الميثيلى والهيدروكربونات الكلوريدية<sup>(3)</sup>.

(1) Horie , C.V. ;Materials for Conservation , Butter Worth , London, 1987 , P.92 .

(<sup>٢</sup>) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ١٥٠ .

(2) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit P.191 .



## ٢ - بوليمرات الاكريليك Acrylic polymers.

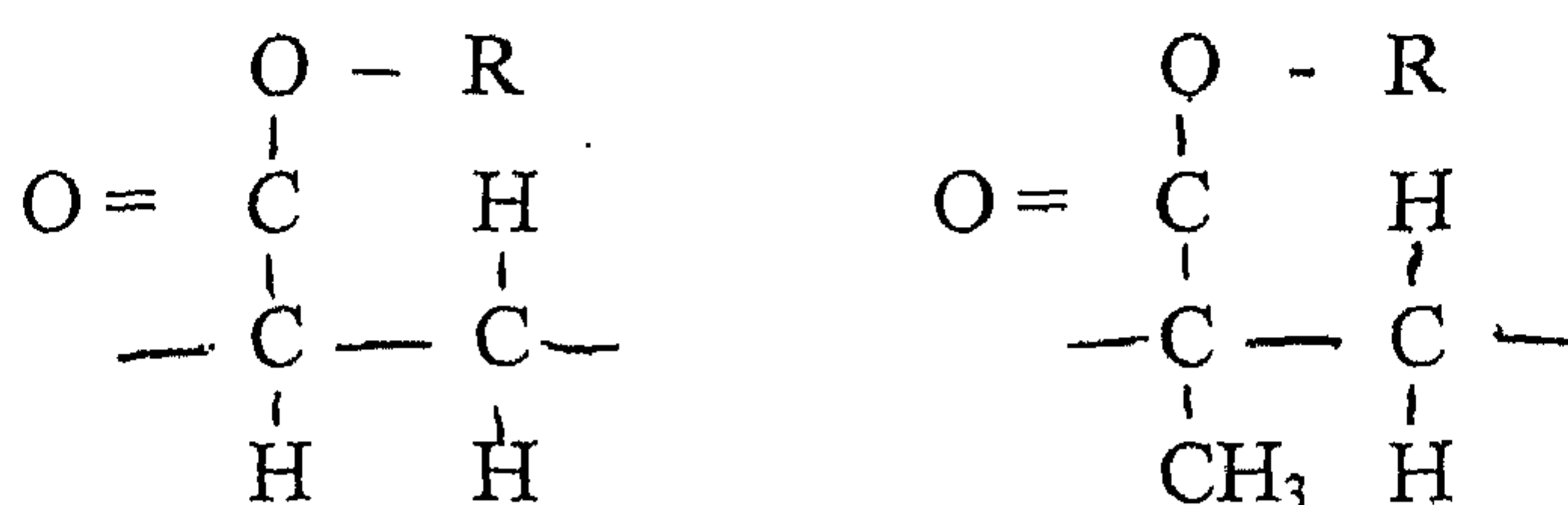
هى أحد البوليمرات الخطية المبنية على أساس مونمر الاثيلين  $C_2H_2$  والذى يحتوى على وصلات جانبية من مجموعة الإستر (1).

وتتضمن بوليمرات الاكريليك عائلتين هما :-

١ - عائلة الاكريلات Acrylates واشتقت من حمض الاكريليك .

٢ - عائلة الميثاكريلات Methacrylate واشتقت من حمض الميثاكريليك .

ويوضح الشكل التالى الفرق بينهما: (2).



وأكثر بوليمرات الاكريليك استخداما هو البارالويد ب ٧٢ .

## البارالويد ب ٧٢ Paraloid B 72

هو بوليمر مشترك Copolymer من المثيل اكريلات Methyl acrylate والايثيل ميثاكريلات Ethyl metha acrylate (3). وتنتج الاكريلات المشتركة بربط اثنين أو أكثر من المونمرات فى بوليمر واحد ، وتذاب الاكريلات المشتركة فى المذيبات العضوية المختلفة ويتم تطبيقها بعد ذلك (4) ، ويتميز البارالويد ب ٧٢ بالثبات بالإضافة إلى أنه يعطى قوة لصق جيدة وكذلك مقاومة الأكسدة والضوء والتأثر بالماء والحرارة المعتدلة بالإضافة إلى الشفافية والمقاومة الميكانيكية والاسترجاعية .

(١) على الأشرم : اللدائن وخواصها التكنولوجية ، دار الراتب الجامعية ، الإسكندرية ، ١٩٩٤ ص ٨٣ .

(٢) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ١٥١ .

(3) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit P. 192 .

(4) Clifton , J. R. & Frohnsdorff, G.J.C.; Stone Consolidating materials Astatus Report ,in; conservation of Historic Stone buildings and monuments , National Academy press washington D.C., 1982 , P. 302 .





وتتميز الاكريلات بانخفاض معدل تبخر المذيبات ، يعد الاستيون أفضل المذيبات وأكثرها تناسبا فالأستيون يعطى انتشار سريع يناسب استخدام الاكريلات كلاصق ويتميز بانخفاض سميته ويذاب البارالويد بنسبة ١ : ١ مع المذيب عند استخدامه كلاصق (1) .

### ٣ - نترات السليلوز "CN" Cellulose Nitrate

هى من مشتقات لواصلق السليلوز وتسمى أحيانا نيتروسليلوز ومن مميزات هذه المادة أنه يمكن إعادة تليينها بسهولة ، ويمكن إنتاج نترات السليلوز بواسطة تفاعل حمض النيتريك مع السليلوز ، ويمكن أن توجد نترات السليلوز تحت أسماء متعددة مثل HMG-Durofix أو UHU Hart والدوكوسمنت. (2) Duco Cement .

ويصلح هذا اللاصق لكل الأغراض حيث أنه يتصلب سريعا بالإضافة الي أنه يذوب في الإستيون وقد يباع في شكل أنابيب صغيرة ويناسب الاستخدام في الأجواء الحارة (3) .

وقد يستخدم اللاصق في شكل طبقة رقيقة على جانب واحد ثم توضع كل قطعتين معا بعناية لتثبيتها في موضعها (4) .

و يستخدم نترات السليلوز بتطبيقه في شكل نقاط ثم يتم ضغط القطعتين معا حيث وجد أن لاصق نترات السليلوز له خواص عملية ممتازة ودرجة لزوجة مناسبة (5) .

بالإضافة إلى المواد السابقة فإن هناك مواد أخرى قد تستخدم حسب حالة كل قطعة ولكن المواد السابقة هي التي يمكن إستخدامها بصفة أساسية في تجميع أدوات الإضاءة الخزفية ، ومن المواد الأخرى راتنجات الايبوكسي والبولى استرات وراتنجات البولى يوريثان .

### التطبيق Application

يجب تنظيف حافتي الكسر عند تطبيق المادة اللاصقة وذلك لإزالة أى دهون ويوضع اللاصق على طول حافة القطعة ذات الطول الأقل ويستحسن ترك جزء صغير عند نهاية كل حافة خالية من اللاصق وذلك للسماح لللاصق بالانتشار وكذلك منع تراكم اللاصق عند نهايات القطع

(1) Koob, S. P. ;Op. Cit .P. 7 .

(2) Buys , S. & Oakley, V.; Op. cit P.192.

(3) Sease , C.; A conservation Manual for the Field Archaeologist, Institute of Archaeology , University of California, USA , 1994,P.12

(4)Fisher, P. ; The Sophilos vase . in the art of conservator by Oddy , A. Smithsonian Institution press , Washing ton , 1992 ,P. 170.

(5) Elston , M.; Technical & Aesthetic Consideration in The Conservation of ancient Ceramic & Terracotta Objects in The J. Paul Getty Museum , Five case, studies in conservation , Vol. 35 , No.2 , 1990 , PP.69-80 .



المهشمة ، وبعد ذلك يتم ضغط كل قطعتين معاً ، بعد ذلك يتم إزالة اللاصق الزائد ، ويجب التأكد أن التجميع مضبوطاً وذلك بتمرير الأصبع على خط التجميع (1) .

#### رابعاً : التقوية Consolidation

والتقوية هى عملية إضافة ميكانيكية أو مادة مدعمة للنسيج الداخلى للقطعة وذلك للتأكد على مقاومة ودوام القطعة (2) .

عندما تضعف قطعة خزفية أو عندما تتشقق طبقات ترجيح فإن المعالجة عادة ما تكون بإدخال مادة إلى نسيج القطعة وتسمى هذه المادة بالمقوى وتسمى العملية بالتقوية (3) .

وتؤدي التقوية الي زيادة قوة القطعة وذلك بتكوين شبكه من المادة المقوية ويمكن وقف التلف وذلك من خلال المعالجة وإزالة مصدر التلف (4) ، وأهم وظيفة للمقوى هى تدعيم الأجزاء التالفة وذلك بإعادة تكوين روابط بين الحبيبات المتجاورة (5) .

الشروط الواجب توافرها فى مواد التقوية :

#### ١ - النفاذية Permability

تعتبر من الشروط الهامة ويعتمد ذلك على الحجم الجزيئى للمادة المقوية والمذيب المستخدم ويعتمد ذلك أيضا على الحالة الفيزيائية والكيميائية للقطعة وطريقة تطبيق المقوى .

#### ٢ - المظهر Appearance

يجب ألا تغير المادة المقوية من مظهر القطعة ويكون ذلك بصفة خاصة مع القطع غير المزججة أو القطع المزججة بترجيحات شفافة حيث أن بعض المقويات تجعل القطعة ذات لون أغمق أو ذات سطح لامع ، بالإضافة إلى ذلك فإن درجة تركيز المقوى فى المذيب يكون نقطة هامة للحصول على أفضل نتيجة (6) . كما أن بعض المقويات تكون طبقة رقيقة شفافة على السطح أو أن بعضها تحدث تغيير تدريجى فى الخواص البصرية وذلك بسبب عمليات التدهور و الأكسدة أو التفاعلات الضوئية الكيميائية Photo Chemical Reaction (7) .

---

(١) فاطمة صلاح مذكور : المرجع السابق ص ١٢٠ .

(2) Feilden , B. M.; Op. Cit P.28.

(3) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P.100 .

(4) Bradley , S. ;Op. Cit P.22 .

(5) Clifton , J.R. ; Op. Cit ,P.151.

(6) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 102 .

(7) Clifton , J . R. ; Op. Cit P. 153 .



### ٣ - حالة القطعة Condition of object

تختلف طرق المعالجة حسب حالة القطعة من حيث الرطوبة والجفاف . فالقطع الخزفية الرطبة يمكن أن تعالج باستخدام المستحلبات Emulsions أما القطع الجافة فيفضل استخدام المحاليل Solution عند تقويتها .

### ٤ - الظروف البيئية Environmental Conditions

وهي الظروف التي تتعرض لها القطعة بعد العلاج وبناء عليه يتم اختيار المادة المقوية ، كما أن درجة التحول الزجاجي The Glass transition temperature تكون عامل محدد لاختيار المادة المقوية وكذلك الثبات والمقاومة للأشعة فوق البنفسجية وذلك عند تعرض القطعة لظروف بها مصدر ضوء قوي<sup>(1)</sup>. بالإضافة إلى ما سبق فإن المادة المقوية يجب أن تتوفر فيها خاصية طرد الماء Hydrophobicity بالإضافة إلى اعطاء قوة تماسك وانخفاض اللزوجة وانخفاض الشد السطحي وأن تتميز أيضاً بالثبات الكيميائي والذوبان في المذيبات منخفضة التطاير لتسمح بالتغلغل<sup>(2)</sup> كذلك فإن المادة المقوية يجب أن تتميز بالمرونة Flexibility حتي تتحمل التغير في درجات الحرارة وحدث التمدد والانكماش<sup>(3)</sup> .

### المقويات Consolidants

#### ١ - مقويات السليكون Silicon Consolidants

يختلف التركيب الكيميائي للسليكونات عن المركبات العضوية الكربونية وذلك لأنها تشتق أساساً من السيلان  $\text{SiH}_4$  Silane وهو يشبه الميثان والتي يمثلها مركب ميثيل ترائي ايثوكس سيلان Methyl triethoxy Silane ومعظم مواد السيلان المستخدمة في التقوية هي مشتقات ثلاثية أو رباعية Tri-or Tetra functional Derivatives مثل تتر ايثوكسي سيلان (TEOS) Tetraethoxy Silane  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ <sup>(4)</sup> .

وقد اعتبرت مركبات السيلان Silanes أو السيلوكسان Siloxane من المواد الجيدة التي استخدمت في التقوية وذلك بسبب قدرتها على تكوين روابط كيميائية بين المكونات ، ومن مميزاتها أيضاً قدرتها على تكوين شبكه مدعمة داخل الأنابيب الشعرية والتي تقلل تغلغل الرطوبة إلى البدن

(1) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 102 .

(2) Paterakis , A . B . ; The desalination of consolidated Ceramics , in: Interim meeting of the ICOM-CC working group , Vantaa , Finland , Glass , Ceramics and related materials edited by Paterakis , A. B. , 1998 , PP. 144-153 .

(3) Kotlik , P.; Impregnation under low Pressure , in: Studies in Conservation , Vol.43 . No 1 , : 1998 , P . 42 .

(4) Horie , C. V. ; Op. Cit P . 152 .



المسامي ، ولقد استخدم الكوكسي سيلان AlkoxySilane مثل الميثيل تراي إيثوكسي سيلان Methyl tri Ethoxy silane الذي يزيد من قدرة السطح على طرد الماء Hydro Phobicity (1).

ومن مميزات استخدام هذه المجموعة في التقوية تميزها بالثبات الكيميائي وكذلك التغلغل بعمق كبير وكذلك الثبات الكيميائي بين روابط السيليكون - أكسجين - سيليكون Si-O-Si والتي تميز التركيب الهيكلي لهذه المجموعة (2) ، كذلك فإن معدل تبلور هذه المجموعة يسمح بالتغلغل إلى عمق كبير كذلك بالإضافة إلى أنها تتبلور لتكون روابط تشبه الروابط الموجودة بالمواد السيليكاتية (3).

تعتبر مجموعة الكوكسي سيلان Alkoxy Silane عائلة مونمرية تتفاعل مع الماء لتكون السليكا أو الكيل بولي سيلوكسان Alkyl Poly Siloxane ، وهناك ثلاث مركبات لهذه المجموعة تستخدم في التقوية هي تترا إيثوكسي سيلان Tetra Ethoxysilane وتراي إيثوكسي ميثيل سيلان Triethoxy methyl Silane وأخيرا تراي ميثوكسي ميثيل سيلان Trimethoxy Methyl Silane.

وتحدث عملية البلمرة وذلك مع الماء كما يوضح ذلك المعادلة (4) :-

Catalyst



وقد أجرت Paterakis (5) (١٩٩٨) دراسة على استخدام تترا إيثيل أورثوسيليكات Tetra ethyl ortho silicate (TEOS) والميثيل تراي إيثوكس سيلان Methyl tri (MTS) ethoxy silane وكلاهما من مركبات الكوكسي سيلان في تقوية الخزف المحتوى على أملاح . وأوضحت الدراسة أن عملية البلمرة تبدأ بالماء أو بالتكثف ، أما السليكا غير المتبلورة فإنها تترسب في المسام وتقلل حجم المسام المفتوحة ولكنها تزيد من الصلابة ويسمح كلا من (TEOS) و (MTS) بمرور بخار الماء .

(1) Paterakis, A. B.; The Consolidation and desalination of Ceramic Impregnated with Calcium acetate , 10<sup>th</sup> triennial meeting ICOM Committee for Conservation, Los Angeles, 1993 , PP.704-708 .

(2) Charola, A. E., et al ; The influence of relative humidity in The Polymerization of Methyl Trimethoxy silane , in: Adhesives and Consolidants, by Brommelle, N. S. et al , Paris , 1984 , PP.177-181.

(3) Clifton, J. R. et al ; Op. Cit , P . 298 .

(4) Clifton, J.R. ; Op. Cit 298 .

(5) Paterakis , A. B . ;Op. Cit P.704 .

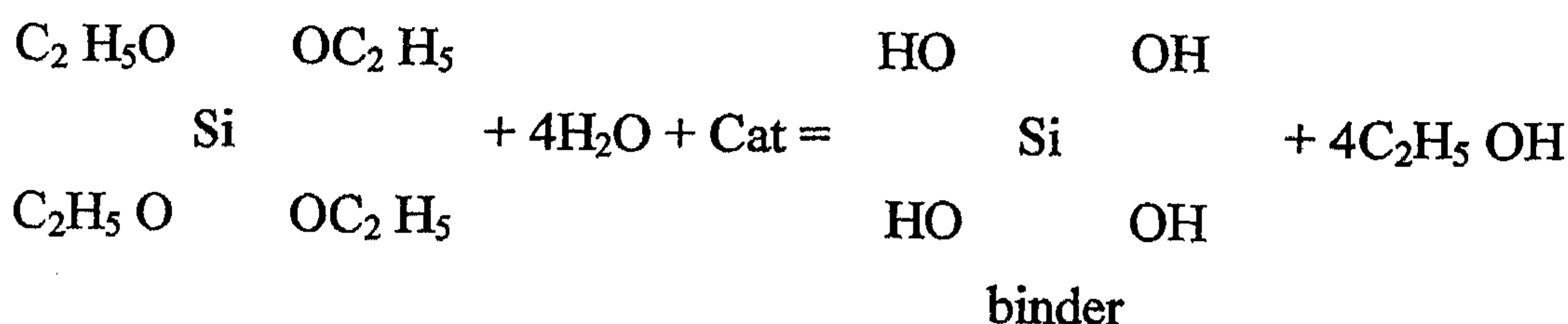




وتختلف (MTS) Methyl tri ethoxy silane عن Tetra ethyl ortho silicate (TEOS) في استبدال مجموعة ميثيل لمجموعة إيثوكسي وتعطى مجموعة الميثيل هذه زيادة في خاصية طرد الماء .

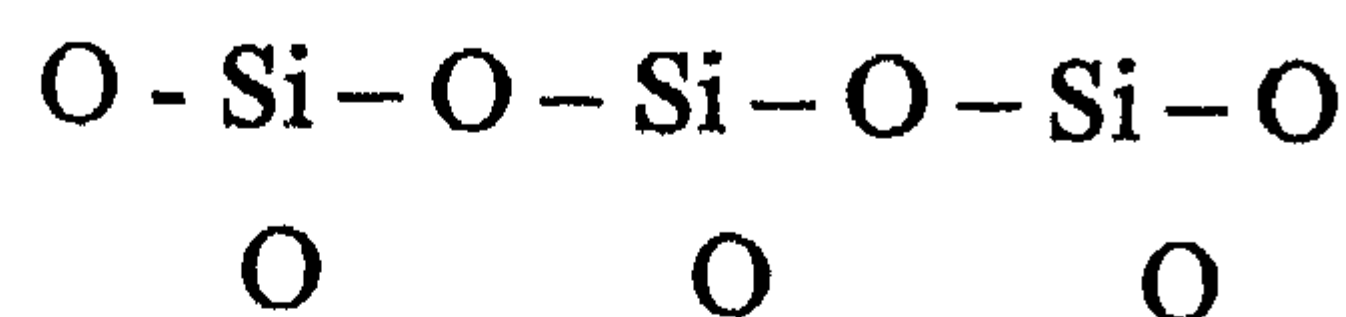
وقد ذكر Abd El-Hady <sup>(1)</sup> (١٩٩٠) أن الرابطة بين السيلكون والأكسجين مماثلة للوضع الذري في الكوارتز  $O - Si - O$  ولهذا السبب فإن المواد المعالجة بالسليكونات تتحول إلى مادة طاردة للماء وتتميز هذه المجموعة بمقاومتها العالية للتحلل الضوئي والأكسدة وذلك عند مقارنتها براتنجات الأكريليك .

وبالإضافة إلى المواد السابقة فإن هناك سيليكات الإيثيل Ethyl Silicate وقد أشتق من المقويات غير العضوية السليكونية وما يحدث من تفاعلات توضحه المعادلة الآتية :-



ومن خلال الدراسة والتحليل لعينات من أدوات الإضاءة تبين احتوائها على نسبة مرتفعة من الكوارتز ، وبناء على ذلك يفضل استخدام سيليكات الإيثيل .

وقد اشتقت السليكونات من السليكا وبفحص التركيب البنائي لراتنج السليكون نلاحظ تشابها في التركيب البنائي له مع الكوارتز <sup>(2)</sup> .

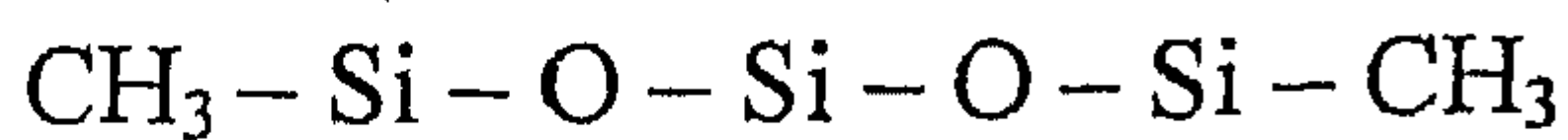
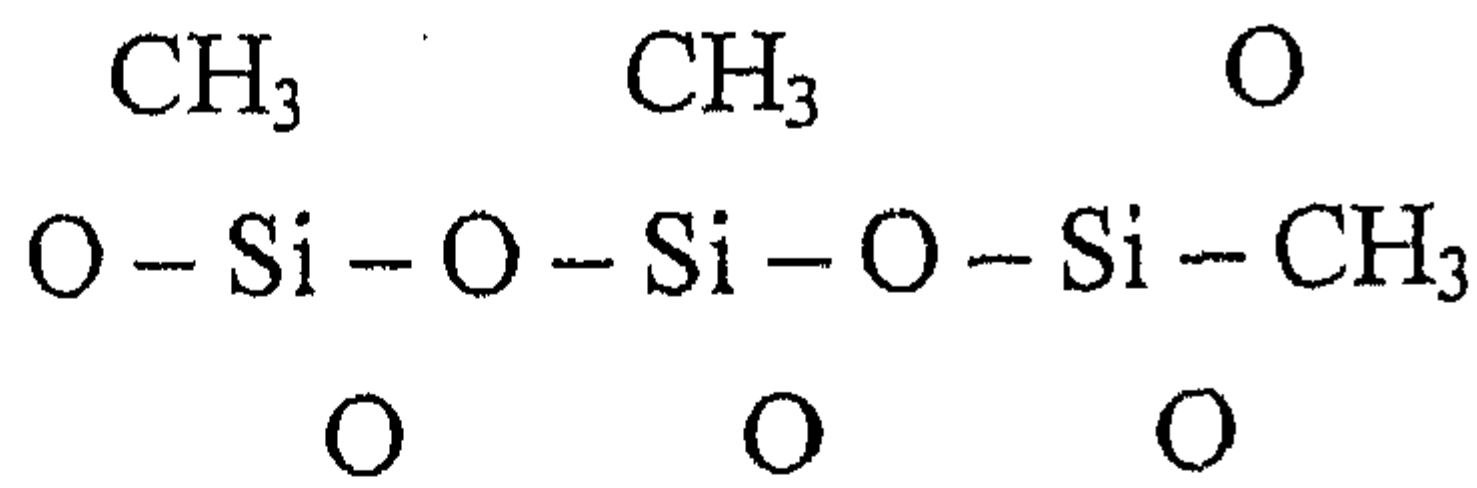


الكوارتز

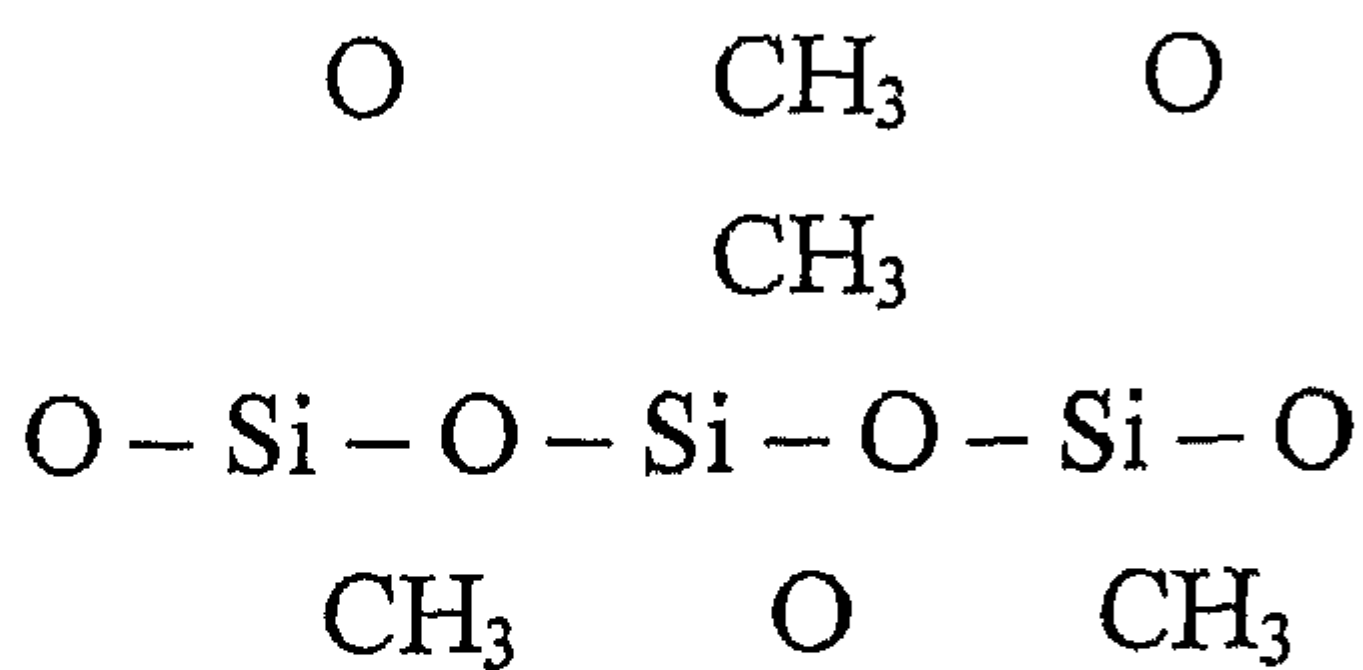
(1) Abd El-Hady, M. M. ;Acrylic Resins & Silicones as Monumental Stone Preservatives , in: 2<sup>nd</sup> Arab Intern . Conf . on Materials Science , Egypt , 1990 ,PP.79-90.

(2) Riccardo , B.; Products for the Consolidation and Surface Protection of historic Heritage Lapidary materials in seminar on Italian restoration & Conservation technologies , Egypt , 1996 , PP.1-7 .





راتنج السليكون



## Soluble Nylon

## ٢ - النايلون الذائب

وهو مادة مشتقة من مركب النايلون وأسمها الكيميائي N-methoxy methyl nylon ويحضر هذا المركب بمعالجة النايلون (Nylon 66) بالفورمالدهيد والنايلون الذائب هو مركب يوجد في صورته مسحوق أبيض يذوب في الإيثانول في وجود الماء بنسبة ٧٠ جزء كحول + ٣٠ جزء ماء ، وعند إذابة هذا المركب في المحلول السابق عند درجة الحرارة العادية يكون محلول جيلاتيني القوام gel-state وعند تدفئة هذا المحلول الجيلاتيني إلى ٣٤٠ °م يتحول إلى الحالة السائلة sol-state ويصبح سهل الاستعمال (١) .

وقد استخدم النايلون الذائب في معالجة السطوح الضعيفة التي تحتوى على أملاح ولا تتحمل عملية التنظيف قبل التقوية وذلك لأن مادة النايلون تسمح بمرور محاليل الأملاح من خلالها دون أن تتأثر ومن أسماء هذا المركب N - Methoxy methyl nylon , Calton CA and CB , Maranylc 109/P ويستعمل هذا المركب بتركيز ٢-٥% وله ليونة عالية كما أنه لا يعطى لمعه للسطح (٢) .

ولكن من عيوبه أنه مع مرور الوقت يصبح هشاً ويصبح ذو لون قاتم بالإضافة إلى أن النايلون الذائب مادة غير استرجاعية (٣) .

## Acrylic & Vinyl Resins

## ٢ - راتنجات الأكريليك والفينيل

تتدرج بوليمرات الأكريلات تحت مجموعتين هي أحماض الأكريليك والميثاكريليك

(1) Sease , C. ; The Case against Using soluble Nylon in Conservation Work , Studies in Conservation , 26 , 1981 , P.105 .

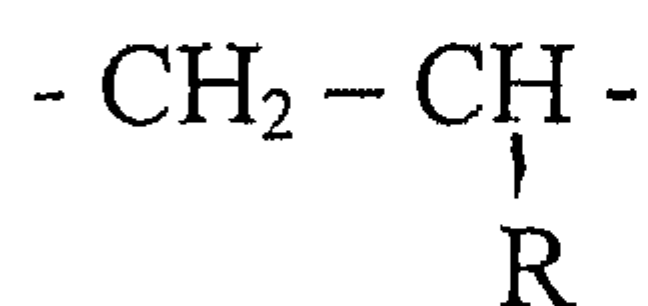
(2) Gedy , I . ; Pottery and glass in the conservation of Cultural property , Rome , Italy , UNESCO Press , 1968 , P.110 .

(3) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit , P. 191 .



Acrylic & Methacrylate<sup>(1)</sup> وتتميز المواد الاكريليلة بأنها تقاوم تأثير ضوء الشمس والحرارة والعوامل الجوية التي تسبب تلف لمعظم المواد المقوية كذلك فإن الاكريلات تتميز بارتفاع الشفافية والتغلغل الجيد إلى التركيب الداخلى والذوبان الجيد فى المذيبات العضوية مثل التراى كلوروايثان والزايلين<sup>(2)</sup> .

أما مجموعة الفينيل - CH<sub>2</sub> = CH فتتحد مع مجموعة أخرى R لتحديد نوع البوليمر حيث يمكن تحويلها بواسطة التفاعلات الإضافية إلى البوليمر الذى يتكون من سلسلة خطية متكررة من الوحدات التالية :-



وتعتبر خلات الفينيل المبلمرة من أكثر المواد المستخدمة فى مجال الصيانة وخاصة التقوية<sup>(3)</sup>

### تطبيق مواد التقوية Consolidants Application

#### - التنقيط Dripping

يتم تنقيط المادة المقوية فوق القطعة باستخدام قطارة أو طرف فرشاة صغيرة إذا كانت القطعة حالتها لا تتحمل للمس .

#### - الفرشاة Brushing

تعتبر من أبسط طرق التقوية حيث يتم المس الرقيق لسطح القطعة باستخدام المقوى ويتم تكرار هذه العملية عدة مرات حتى يتم الوصول إلى درجة التشبع وعدم نفاذية المقوى داخل القطعة ونتجنب هذه الطريقة فى حالة القطع الضعيفة .

#### - التطبيق بواسطة الماصة Application by Pipette

وتشبه هذه الطريقة طريقة التنقيط حيث تتميز بوضع المقوى نقطة نقطة حتى يتم الوصول إلى درجة التشبع وتستخدم هذه الطريقة أيضا فى حالة القطع الضعيفة شديدة التفتت والهشاشة .

(1) Davison , S. ; A review of Adhesives and Consolidants used on glass Antiquities, in; Adhesive and Consolidants , edited by , Brommelle, N. S. et al ,IIC, Paris, 1984, PP.191-199 .

(2) Abd El-Hady , M. M. ; Op. Cit., P.101.

(3) Sease , C. ; Op. Cit , 1994 , P.11 .



## - التطبيق بالحقن Application by Injection

تستخدم عندما تكون طبقة التزجيج منفصلة نسبيا حيث يتم حقن المادة المقوية داخل الفراغات الهوائية .

## - التطبيق بواسطة الرش Application by Spraying

وتساعد هذه الطريقة في تشبع المساحات الكبيرة بسرعة ومن أشكال الرشاشات المستخدمة في هذه الطريقة رشاشات الحديقة المصنوعة من البلاستيك<sup>(1)</sup> Polyethylene Garden Spray وفي الحالة التي تتطلب تطبيق دقيق للمقوى فإنه يمكن استخدام زجاجة ضغط هوائي Air brush وذلك مع عدم استخدام ضغط هوائي عال وذلك لتجنب تلف الأسطح الضعيفة ، ويجب ألا يكون تركيز محلول التقوية مرتفع حتى يمكنه النفاذ من خلال زجاجة الضغط الهوائي بدون الضغط الزائد عليها .

## - التطبيق بالغمر Application by Immersion

يسمح الغمر بتغلغل المقوى بدرجة أكبر داخل القطعة ويتم غمر القطعة في إناء مناسب على شبكة معدنية أو بلاستيكية وذلك للسماح للمقوى بالوصول إلى الجانب السفلى وبعد ذلك يتم سكب المقوى ببطء في قاع الإناء وذلك للسماح للهواء بالخروج من القطعة تدريجيا وإحلال المقوى مكانه ويمتص المقوى بالخاصية الشعرية Capillary action ويجب أن تغمر القطعة كلية في مادة المقوى .

## - التشرب تحت خلخلة الهواء Vacuum Impregnation

تحقق هذه الطريقة نفاذية كبيرة للمقوى داخل القطعة ولكنها غير مناسبة في حالة القطع الهشة حيث أنها قد تتسبب في تفتت القطعة . وتوضع القطعة على سلك معدني أو شبكة ثم يضاف محلول المقوى ببطء وبعد ذلك يتم إحداث التفريغ مع العلم أن ذلك يحدث في حوض التفريغ<sup>(1)</sup> Vacuum Tank .

ويراعى عند عملية التقوية ألا تكون المادة المقوية في صورة طبقة سميكة على سطح الأثر وكذلك التأكد من مدى انتشار وفاعلية المادة المقوية داخل اللب وذلك لتحمي الأجزاء التالفة .

ويجب أيضا أثناء تشرب السطح بالمادة المقوية استمرار الإمداد بالمحلول إلى أن ينتشر المقوى بعمق داخل البدن وحتى لا يتبخر المذيب من المحلول أثناء التوقف عن التشرب فتتصلب

---

(1) Buys , S. & Oakley , V.; Op. Cit ,P.103 .





تعوق عملية التجميع فيما بعد ، وإذا لم يتشرب الأثر المادة المقوية فإنها تزال من فوق سطحه وتتم بعد ذلك باستخدام تركيزات مخففة (1) .

### خامسا : عملية الاستكمال Completion Process

عندما تتعرض القطع الخزفية للكسر فإنها عادة ما تفقد بعض الحواف وقد تكون هذه الأجزاء صغيرة جدا ولا يمكن ملاحظتها خاصة في القطع جيدة الحرق أو يكون الفقد كبير ويظهر ذلك في القطع الهشة وبالتالي تظهر أهمية الاستكمال والتي لا تنحصر فقط في الناحية الجمالية ولكن تمتد إلى الحفاظ على ثبات القطعة واتزانها أثناء العرض المتحفي .

ويحظى اختيار مادة الاستكمال بأهمية كبيرة وذلك للوصول إلى أنسب المواد التي تلائم طبيعة المادة الأصلية .

#### الشروط الواجب توافرها في مواد الاستكمال

- يجب أن تكون المادة قابلة للتشكيل أو الصب .
- يجب أن تكون المادة قابلة للتعديل بإضافات مواد الملونات أو المواد المائلة .
- يجب أن تكون المادة قابلة للالتصاق بالخزف .
- يجب أن تكون المادة ذات قوة وكثافة مناسبة ولها صفة المقاومة .
- يجب أن تكون المادة قابلة للاسترجاع .
- يجب أن تكون المادة غير قابلة للانكماش بعد التصلب أو مع مرور الوقت .
- يجب أن تكون المادة آمنة عند الاستخدام (2) .

وبالإضافة إلى اختيار مادة الاستكمال فإن هناك مواد مساعدة أخرى تستخدم في عملية الاستكمال وهي مواد التدعيم والتي سيتم الحديث عنها فيما بعد (3) .

(2) Sease , C. ; Op. Cit , 1994 , P. 27 .

(3) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit., PP.121- 123 .

(4) Elston , M. ; Op. Cit P.70 .



ومن أشهر المواد المستخدمة في الاستكمال :-

### Plaster of Paris

- الجبس الباريسي

يتكون من كبريتات الكالسيوم نصف المائية  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  الذي يحضر بتسخين الجبس العادي إلى  $120^\circ \text{C}$  . وعند خلطة مع الماء يكون مادة بيضاء صلبة تتشابه في كثافته مع الخزف حيث أن الوزن النوعي له 2,32 والوزن النوعي للأواني الأرضية 2,4 - 2,6 ويوجد منه نوعان هما جبس ألفا Alpha Plaster وجبس بيتا Beta Plaster ويختلفان في خواصهما الفيزيائية ، حيث أن الجبس ألفا يحتاج إلى كمية ماء أقل ليخلط معه ويسهل صبه ، وقد صنعت أنواع مختلفة من الجبس تختلف في حجم جزيئاتها ووقت الشك والكثافة والتمدد بالإضافة إلى اللون ويعتمد ذلك على نقاء الجبس الخام . ومن أنواع الجبس المستخدم هو جبس الأسنان Dental Plaster حيث أنه يكون صلبا بعد الشك مع تمدد قليل جدا .

ومن العيوب الأساسية في الجبس هي انخفاض وقت تشغيله وقابليته للتمدد عند الشك ، وقد يكون هناك صعوبة في الإزالة الميكانيكية له خاصة في حالة الأنواع الصلبة منه ، كذلك فإن هناك خطورة عند تعرضه للرطوبة وبالتالي يمكن امتصاص البدن لهذه الكبريتات<sup>(1)</sup>.

### - البولي فيلا Poly Filla

هي مادة سليلوزية تتكون من سليلوز ذائب في الماء مع كبريتات الكالسيوم وتتميز هذه المادة بثبات أبعادها للتمدد والانكماش كما أنها غير قابلة للذوبان في الماء بعد تصلبها ووقت تشغيلها يصل إلى  $\frac{1}{2}$  ساعة ، وهي مادة مثالية لاستكمال الأواني الأرضية Earthenware والتراكوتا Terracotta<sup>(2)</sup> ومنها نوعان :-

#### أ - البولي فيلا الداخلية " Poly Filla " interior grade

تتكون من سليلوز يقوى الجبس الباريسي ويضاف إليه الإيثيرات ومواد تقلل زمن الشك . ويخلط ذلك مع الماء ويمكن تقويته باستخدام مستحلب PVA في الخليط الرطب ، وهذا يأخذ وقت أطول في التشغيل منه عند استخدام الجبس الباريسي ولا ينتج عنه نمو بلورات ملحية ويجف بسرعة مع انكماش منخفض جدا، ومن عيوب هذا النوع من البولي فيلا أنها ضعيفة نسبيا كما أن مقاومتها للتآكل ضعيفة كما أن التصاقها بالسطح الناعم ضعيف .

(1) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit , P.198 .

(2) Larney , J. ; Op. Cit , P. 74 .



وتتكون أساسا من بوليمر مشترك من خلاات الفينيل مع مواد مألثة غير عضوية ومواد لزيادة السمك والقوام ومبيد فطرى . وتستخدم فى استكمال الأجزاء الصغيرة (1) .

- وقد أشارت Smith (2) (١٩٩٨) إلى استخدام خليط من البارالويد ب ٧٢ مع مادة مألثة وهى الميكروبالون Microballons وهى حبيبات كروية دقيقة ومنها الميكروبالون الفينولى Phenolic Microballons وهى ذات لون بنى يميل إلى الاحمرار وأيضا الميكروبالون الزجاجى Glass Microballons وهو ذو لون أبيض وجزئياته كبيرة وكذلك يمكن استخدام ثانى أكسيد السليكون أو فوم السليكا Fumed Silica (3) .

ويتم تحضير هذا الخليط بتجهيز محلول من البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% مذاب فى أسيتون وكحول بنسبة ١ : ١ ثم يضاف الميكروبالون إلى البارالويد ب ٧٢ بنسبة ١ : ٣ على الترتيب . ويتميز هذا الخليط بأن سطحه مناسب لسطح الخزف كما أنه يمكن فك هذه المادة باستخدام الأسيتون مع ضغط ضعيف كما أن هذه المادة تتميز بانخفاض وزنها وتزداد كثافة المادة عند استكمال المساحات الكبيرة وذلك باستخدام مسحوق الرخام ، ويتم التدعيم باستخدام طبقة من الشمع الطبى عادة تكون فى الجانب الداخلى ولضمان حدوث اللصق الجيد يبدأ بالحواف باستخدام فرة معدنية ويتم العمل فى اتجاه المركز ويتم التطبيق فى شكل طبقات رقيقة ويتم السماح لكل طبقة بالجفاف قبل وضع طبقة أخرى ويتم تنعيم سطح هذا الخليط باستخدام الأسيتون أو الكحول . ولاستكمال الزخارف فإنه يتم تليين سطح المادة المألثة بالأسيتون وتطبع التفاصيل على السطح باستخدام الفرر أو أى أدوات أخرى ، ولا يتم التلوين قبل التطبيق وإنما يتم التلوين فى النهاية باستخدام ألوان الأكريليك التى تكون ذات وسيط مائى حتى لا تؤثر على البارالويد ب ٧٢ المستخدم فى تركيب المعجون .

### - مسحوق الفخار Pottery Powder “ Grog “

يعد من أفضل المواد المألثة التى يتم استخدامها فى استكمال الخزف نظرا للتطابق بين خواصه وخواص البدن الأصلى حيث أن لهما نفس التركيب المعدنى بالإضافة إلى أنه لن يتفاعل مع القطعة الأثرية ، ويمكن استخدام مسحوق الفخار وذلك بخلطه بمحلول البارالويد ب ٧٢ (4) .

(1) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 199 .

(2) Smith , S.; British Bronze Age Pottery:An Overview of deterioration and current Techniques of Conservation at The British Museum, The conservator, No.22, 1998 P.9 .

(3) Buys , S. , & Oakley , V., : Op. Cit P. 199 .

(٤) محمد مصطفى : المرجع السابق ص ١٤٨ .



بالإضافة إلى المواد السابقة التي يمكن استخدامها في استكمال أدوات الإضاءة الخزفية فإن هناك بعض المواد الأخرى التي يمكن استخدامها طبقاً لكل حالة . ومنها المواد المائلة التي تتركز على قاعدة من الالبيوكسي ومواد أخرى تعتمد على قاعدة من البولي استر ويضاف إلى هذه المواد مسحوق أكسيد التيتانيوم  $TiO_2$  ، كبريتات باريوم  $Ba SO_4$  ، مسحوق الكاولين  $Al_2Si_2O_5 (OH)_4$  وكرات الزجاج Glass Balls وكذلك حبيبات الميكروبالون Microballons

### - مواد التدعيم Support Materials

تستخدم في حالات الاستكمال للمساحات الكبيرة ويمكن أن يطلق عليها مواد عمل القوالب ومن هذه المواد التي يمكن الاستفادة منها في هذا المجال :-

#### ١ - الشرائط الحساسة للضغط Pressure Sensitive Tapes

تستخدم في حالة الأجزاء والفتحات الصغيرة وبعد استقرار مادة الاستكمال يتم إزالة الشريط اللاصق .

#### ٢ - شرائح شمع الأسنان Dental Wax sheets

يمكن تليينه بواسطة الماء الدافئ ويستخدم في حالة الحواف المنحنية ويمكن عزله بواسطة بولي فينيل كحول .

#### ٣ - الطين Clay

غالبا ما يستخدم في المواقع حيث أنها تكون متاحة ولكن يجب عدم استخدامها مع السطح مباشرة خاصة في حالة القطع منخفضة الحرق أو مرتفعة المسامية

#### ٤ - البلاستوسين Plastocine

يتم قطعه وتشكيله برفق حول الحافة الجافة ويجب استخدامه على الأجزاء التي فقدت طبقة التزجيج وذلك لاحتوائه على مادة زيتية سوف تترك أثر في تلك الأجزاء .

#### - اللاتكس المطاط Latex Rubber

يتميز بانخفاض تكلفته بالإضافة إلى سهولة استخدامه ويتميز بالمرونة وتعد هذه ميزة كبيرة ويستخدم معه طبقة من الجبس لتدعيم اللاتكس .





## Silicone Rubber

## - السليكون المطاط

وهو أقل مرونة من اللاتكس ولا يحتاج إلى مادة عازلة عند استخدامه ولكن لا يجب استخدامه مع الأبدان المسامية ، وقد يتم تعديل السليكون السائل باستخدام فوم السليكا Fumed silica وقد تستخدم طبقة من الجبس لتدعيم السليكون .

## Colorants

## - مواد التلوين

تستخدم مع البوليمرات ومنها عدة أنواع مثل مسحوق الألوان Powder Pigments و ومن أهم الألوان التي تستخدم ألوان الاكريليك "Cryla Colors Acrylic" وتتميز ألوان الاكريليك أنها يمكن أن تستعمل مع الماء كما أن الشد السطحي لها والاستقرار مناسب كما يمكن إزالتها بالمذيبات لذلك يجب الحذر لأن ذلك قد يؤثر في المادة المألثة . ويمكن أن يضاف إلى مواد التلوين أحد اللواصق الشفافة (1) .

## Application Method

## - طريقة التطبيق

يتم اختيار الجزء الأصلي الذي يتطابق مع الجزء المفقود ويستخدم شرائح الشمع حيث يقطع حسب مقاس الجزء المفقود مع ترك حوالى 1 سم أو 1/2 سم زيادة من كل جانب ثم يتم تدفئة الشمع في ماء ساخن حتى يلين . وبعد ذلك يوضع سريعا على الجزء الذى تم اختياره ويتم الضغط عليه باستخدام أصابع اليد فى اتجاه البدن ثم يترك الشمع حتى يبرد ويتصلب قبل نزعاه بعناية . ويتم تنظيف حواف الكسر ويؤخذ القالب ويجفف جيدا من الماء ويوضع فى مكانه الصحيح ويتم تثبيته ثم يحضر الخليط المستخدم فى الاستكمال ويوضع بعناية وبعد ذلك يتم وضع الرتوش والألوان المناسبة طبقا للزخارف المتواجدة .

وتستخدم بعض المواد فى تقليد التزجيجات منها ورنيش البولى يوريثان Polyurethane Varnish وألوان الاكريليك Acrylic Paints وطلاءات الايبوكسى الشفافة وقد يستخدم البولى يوريثان كوسيط للألوان المستخدمة (2) .

## سادسا : العرض المتحفي والفنى لأدوات الإضاءة الخزفية

تعتبر طرق عرض أدوات الإضاءة الخزفية من النقاط الهامة التى تحتاج إلى أن توضع فى الاعتبار لأن ظروف العرض الخاطئ قد تؤدي إلى ظهور مشاكل جديدة بعد الانتهاء من مراحل

(1) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٦٣ .

(2) فاطمة صلاح مذكور : المرجع السابق ص ١٣١ .



الترميم المختلفة لذلك يجب أن تصمم فتارين العرض تبعاً لشكل وحجم المعروضات وكذلك يجب أن تكون طريقة العرض مريحة للعين (1) .

ويجب أن يتم عرض المجموعات المتشابهة في الشكل معاً وذلك حسب وظيفة القطع بالإضافة إلى الاعتبارات الجمالية . كذلك يجب تجنب اتصال القطع بمادة معدنية صلبة مثل حوامل القصور أو مساند الأطباق وذلك عن طريق العزل بمادة ناعمة مثل فوم البولي إيثيلين Polyethylene foam أو اللباد Felt أو الشامواه Chamois ، بالإضافة إلى ذلك فإنه تستخدم بعض المواد في تثبيت القطع وذلك للحفاظ على اتزانها ويستخدم لذلك بعض مستحلبات البولي فنيل أو راتنجات الاكريليك وأيضاً بعض المواد الشمعية مثل Tacky Wax .

ومن الأعمال الهامة التي يجب نشرها في المتاحف هي المحاكاة وذلك بعمل نماذج مقلدة لأدوات الإضاءة الخزفية وتوضع في قاعات منفصلة وذلك لإشباع فضول زائرين المتحف خاصة من الأطفال والمكفوفين (2) .

بالإضافة إلى ذلك فإن هناك بعض الظروف التي يجب التحكم فيها عند العرض ومنها: -  
التحكم في درجة الحرارة Air temperature Control

يجب ألا تكون هناك تغيرات سريعة بالارتفاع أو الانخفاض خلال فترة قصيرة حيث أن ذلك قد يؤدي إلى حدوث صدمة حرارية ويجب أن تكون درجة الحرارة  $18 \pm 2^\circ \text{C}$  (3) .

- التحكم في الرطوبة النسبية Relative Humidity Control

مما لا شك فيه أن هناك علاقة وثيقة بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية ، ويجب أن تكون الرطوبة ثابتة طوال الوقت ولا تزيد الرطوبة عن 60% ولا تقل عن 40% وتستخدم بعض الأجهزة لقياس الرطوبة النسبية ومنها hair hydrometer (4) .

ويمكن خفض الرطوبة النسبية باستخدام السليكا جل وهو منتج صناعي له نفس تركيب السليكا الطبيعية ولكنه يحتوى على مادة تشبه الاسفنج بها عدد لا يحصى من الثقوب الدقيقة وعلى ذلك يمكنه امتصاص كميات كبيرة من الماء أكبر من حجمه ١٢ مرة ، ويمكن استخدامه مرة أخرى وذلك بتسخينه فوق  $100^\circ \text{C}$  (5) .

(1) Pearlstein , E. ; Conservation for The new Egyptian Galleries at the Brooklyn Museum , in Conservation in ancient Egyptian Collections , London , 1995 , P.94 .

(2) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 207 .

(3) Thomson, G.; The Museum environment, Butterworth in association with international institute for conservation of historic and Artistic works , 1985 , P. 202 .

(٤) ( الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ٣٥٦ .

(٥) ( أدامز فيليب : دليل تنظيم المتاحف : ترجمة محمد حسن عبد الرحمن ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٣ ،



## - التحكم فى الضوء Light Control

وبالإضافة إلى الضوء المرئى الذى يستخدم فى الإضاءة فإن هناك المصادر الصناعية التى قد تصدر كمية معينة من الإشعاع غير المرئى ومن مصادر الإضاءة المناسبة فى المتاحف.

- لمبات التنجستن Tungsten .

- لمبات الفلورسنت Fluorescent وهى تشع ضوء من غبار الفلورسنت .

- اللمبات الزئبقية Metal halide Lamps .

ويفضل أن تكون الإضاءة غير مباشرة مما يساعد فى إظهار جمال هذه القطع مع الحفاظ

عليها من تأثيرات الضوء الضارة <sup>(١)</sup> . والقيمة المناسبة لوحدات الإضاءة هى ١٥٠ لوكس .

---

(١) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ٣٥٧ .



## الفصل الخامس

### طريق الفحص والتحليل





تعد الدراسة التحليلية للخزف من المراحل الهامة والتي تهدف إلى فهم التقنية والتي تشمل الطرق التي تم تحضير الطفلة من خلالها وكذلك عملية التشكيل بالإضافة إلى الحرق وكذلك المكونات التي تتكون منها القطع . ويمكن أيضا الاستفادة من طرق الفحص بالحكم على فاعلية مواد الترميم المختلفة سواء المستخدمة في التنظيف أو التقوية . وفيما يلي أهم الطرق التي تم استخدامها في فحص وتحليل أدوات الإضاءة الخزفية :-

## ١ - الميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope

تعتبر الدراسة بواسطة الميكروسكوب المستقطب من الطرق الهامة في مجال الخزف الأثرى حيث يتم استخدام المقاطع الرقيقة thin - sections ومع التكبير يمكن فحص وتعريف المعادن المكونة للبدن وكذلك حجم الحبيبات ، ويساعد أيضا في دراسة المواد المعدلة temper ودراسة السطح من خلال ترتيب الحبيبات .

ويمكن التأكد من إمكانية وجود بطانة ناعمة أو بطانة خشنة ودراسة العلاقة بين البدن والتزجيج وكذلك ملاحظة أى إشارة أو دليل عن درجة حرارة الحرق وذلك من خلال التغيرات الحرارية لبعض المعادن (١) .

وقد اتفق كل من Riley (٢) (١٩٨٢) و Henderson (٣) (٢٠٠٠) على وصف النسيج الداخلى من خلال ترتيب وحجم وشكل المكونات . ويكون سمك القطاع ٠,٣ مم ويوضع على شريحة زجاجية وبعد ذلك تفحص العينة باستخدام الميكروسكوب المستقطب .

ومن أساسيات هذه الطريقة هي تداخل الضوء المستقطب مع البلورات الموجودة في العينة حيث أن فحصها يعطى ألوان مميزة ويمكن فحص العينة بدورانها ٣٦٠ ° .

ومن خلال الفحص الميكروسكوبى يمكن التعرف على شكل حبيبات الكوارتز ونسبتها في الأرضية وكذلك حجمها ، وتتميز الحبيبات بشكل الزوايا الحادة وقد تكون حبيبات الكوارتز دقيقة (٤)

---

(1) Matson, F.R., The quantitative study of ceramic Materials in the application of quantitative methods in archaeology, by Heizer, R.F. and cook, S., Chicago, 1966, PP.34-57

(2) Riley, J., A ., The Petrological analysis of Aegean Ceramics in: Occasional Paper, No.32 . Current research in ceramic, Thin Section studies, British Museum, edited by Freestone, I. , 1982 , PP.1-8.

(3) Henderson, J., The science and archaeology of Materials, Routledge, London, 2000, P.11 .

(4) Kilmurry, K. , The manufacture of Stamford ware: an application of Thin-Sectioning and Neutron Activation analysis , in: Current research in Ceramic, Thin Section Studies, Occasional 32 , British Museum , 1982 , PP.105-112 .



ويشير ذلك إلى عملية تحضير وطحن الخامات . وقد أشار Whitbread <sup>(1)</sup> (١٩٨٦) إلى أهمية استخدام الميكروسكوب المستقطب في دراسة المحتويات inclusions وذلك من خلال الحدود boundaries التي قد تكون واضحة وحادة أو تكون متداخلة بحيث لا تظهر بوضوح ، وكذلك يوضح دوران الحبيبات roundies التي تكون حادة الزوايا angular أو أقل حدة sub angular أو أن تكون الحبيبات دائرية rounded أو أقل دورانا sub rounded ، أما الشكل shape فإنه يعكس التنظيم الداخلي للمحتويات ودرجة لدونتها أثناء التشكيل ، يمكن ملاحظة ترتيب الحبيبات Orientation ويكون ذلك أكثر سهولة في البدن منخفض الحرق حيث أنه تعرض لتغيرات أقل . وأضاف Peacock <sup>(2)</sup> (١٩٧٠) أن الميكروسكوب المستقطب يفيد في تحديد طريقة خلط العجينة Paste سواء كانت العجينة تم تشكيلها بواسطة العجلة أو بواسطة البدن وذلك لأن التشكيل على العجلة يؤدي إلى ترتيب الحبيبات خاصة الطويلة منها لتكون متوازية مع جدران القطعة .

وفيد الميكروسكوب المستقطب أيضا في تحديد تقنية الخزف من حيث درجة نعومة الطفلة وطبيعة الحرق وذلك من خلال المعادن السليكاتية الجديدة neosilicates التي تتكون في البدن وكذلك التأكد من وجود بطانة ومعرفة طبيعة هذه البطانة <sup>(3)</sup>.

بالإضافة لذلك فإن دراسة خط الاتصال بين البدن والتزجيج يمكن توضيحه بواسطة الميكروسكوب المستقطب ، فقد يكون هذا الخط حاد ويدل ذلك على أن التداخل أو التفاعل بين البدن والتزجيج أثناء الحرق قليل او/ و أن الحرق تم مرتين عند درجة حرارة مرتفعة لحرق البدن ثم حرق عند درجة أقل عند تطبيق التزجيج <sup>(4)</sup> .

ويساعد الميكروسكوب المستقطب في التعرف على المعادن الموجودة بالعينة والتي قد تحتوي علي كوارتز ، فلسبارات ، معادن الحديد والماغنسيوم مثل الأمفيبول والبيروكسين . وكذلك الإضافات التي قد تحتوي علي كسر الصخور أو حبيبات صخرية. حيث أنه بدراسة عينات من حفائر القسطاط وجد أنها تحتوي علي صخور بازليتيّة وبركانية فلسية Basaltic & Felsic Volcanic rocks وبعض حبيبات الكربونات <sup>(5)</sup> .

(1) Whitbread, I., K., The characterization of Argillaceous inclusions in Ceramic Thin Section , Archaeometry 1986 (28) 1 , PP.79-88.

(2) Peacock, D., P., S., The Scientific analysis of ancient Ceramics, a review, World Archaeology , Vol .( 1 ), No.3 , 1970 , PP.375-389.

(3) Mannoni, T., Present day Knowledge of Mediterranean pottery after years of thin – Sectioning at the University Of Genoa, in: Current research in Ceramics: thin Section Studies, edited by Freestone, I. et al, Occasional. 32. British Museum , 1982 , PP.89-92.

(4) Fabbri, B., S., et al, Archaeometric investigation of Sgraffito Ceramic Tiles . Recovered from Excavation in Udine , Archaeometry ,vol. 42,(2) 2000, PP.317-324.

(5) Mason, R.B. & Keall , E. J., Petrography of Islamic pottery from Fustat , JARCE , in: Vol . XX V11, American Research Center in Egypt, 1990 , PP.165-183.



وقد تم تحضير ١٤ شريحة من عينات الفسباط ، حيث تم مراعاة التشابه بين عينات الفسباط والقطع قيد الدراسة التي تم اختيارها من مجموعة المتحف الاسلامي بكلية الآثار .

وفيما يلي دراسة العينات الخزفية المختاره من الفسباط :

**العينه الأولى :** تحتوي هذه العينه علي أحد حبيبات البلاجيوكليز داخل نسيج غنى بحبيبات الكوارتز متجانسة الأحجام والتوزيع كما يظهر في الصورة رقم (١١) . ويظهر ايضا التوزيع الجيد لحبيبات الكوارتز ، كذلك هناك تجمع لبعض حبيبات الكوارتز حيث تتجمع كثير من الحبيبات حول حبيبة واحدة كما يتضح من الصورة رقم (١٢) .

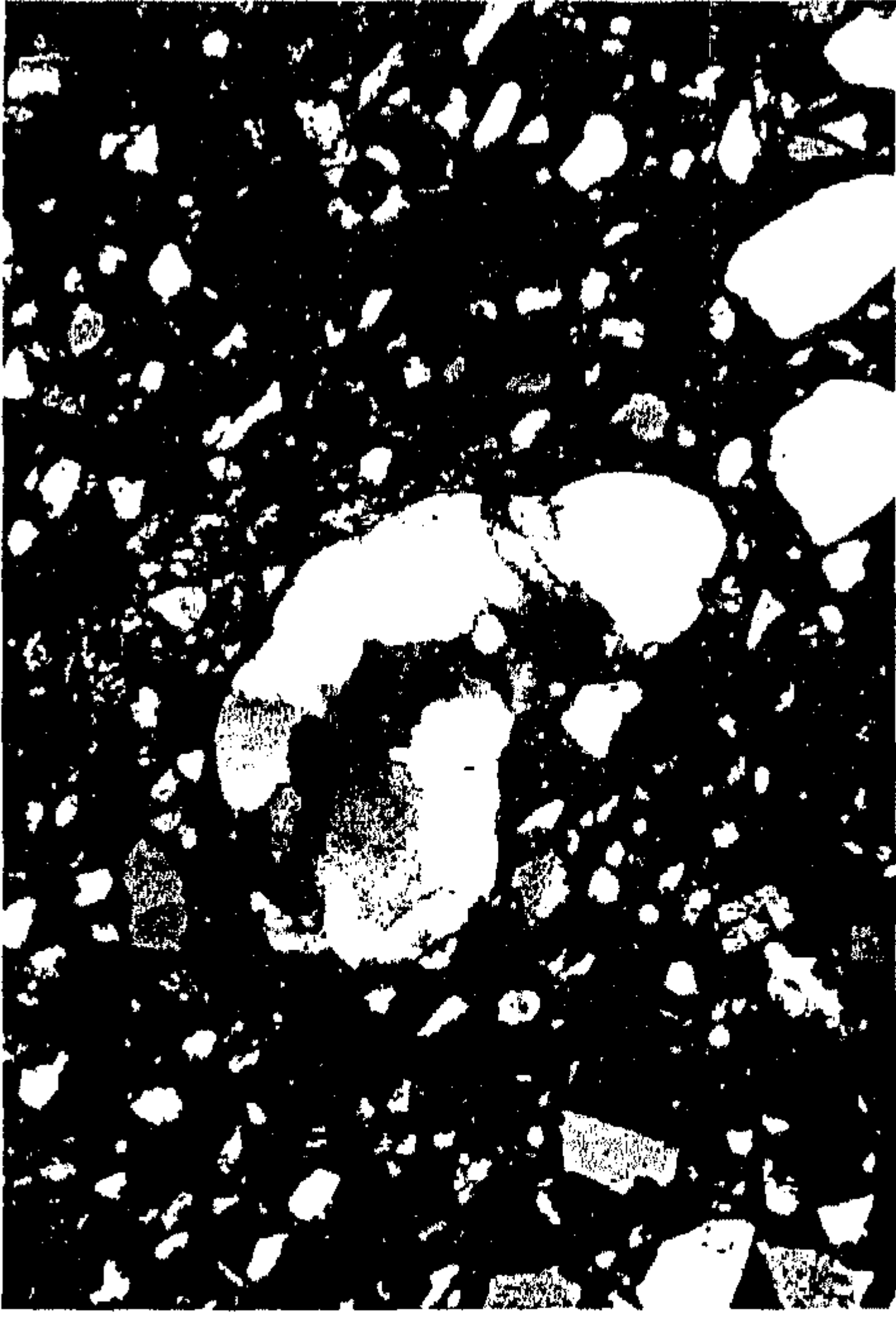
**العينه الثانية :** تحتوي علي بعض حبيبات الميكا من نوع البيوتيت Biotite المنتشرة داخل نسيج نو حبيبات كوارتز خشنة كما يظهر بالصورة رقم (١٣) . وتوضح الصورة رقم (١٤) التداخل بين البدن وطبقة التزجيج حيث حدث انتقال من مكونات البدن إلى التزجيج مثل انتقال الكوارتز، بالإضافة إلى ذلك فإن هناك بعض الفقاعات التي لم يكتمل انصهار مكوناتها.

**العينه الثالثة :** يظهر في هذه العينه التوزيع المتجانس للفلنت Flint داخل نسيج غنى بأكاسيد الحديد، كما يتضح بالصورة رقم (١٥) . هذا بالإضافة الي وجود بعض حبيبات البلاجيوكليز والبيروكسين كما في الصورة رقم (١٦) .

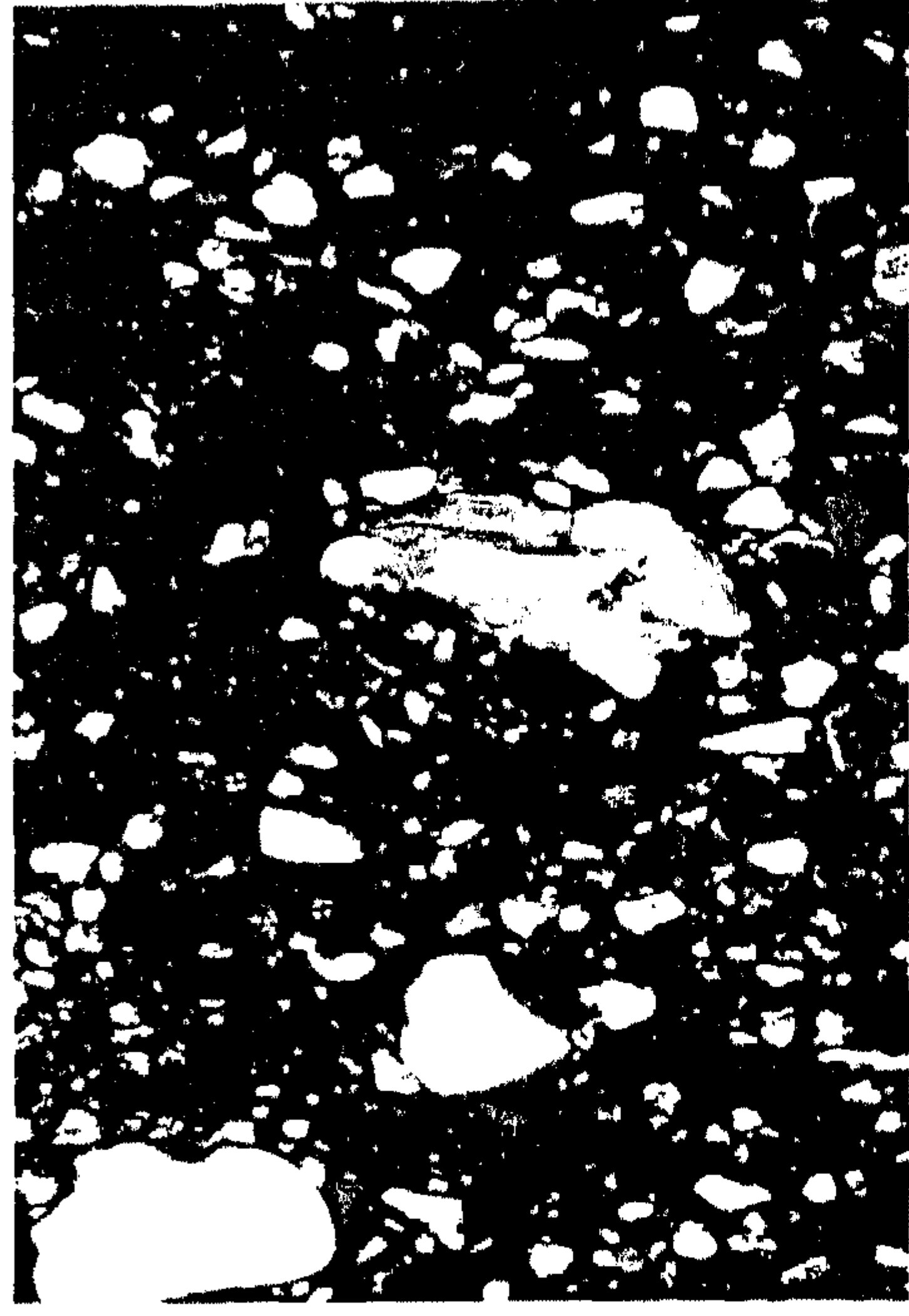
**العينه الرابعة :** يلاحظ ان نسيج هذه العينه غنى بحبيبات كوارتز كبيرة الحجم مع وجود بعض حبيبات البلاجيوكليز والبيروكسين كما يتضح من خلال الصورة رقم (١٧) . وتوضح الصورة رقم (١٨) المنطقة الفاصلة بين البدن والتزجيج والتي تتميز بتفاوت سمكها وبداية تحول الطبقة السطحية من البدن إلى تزجيج .







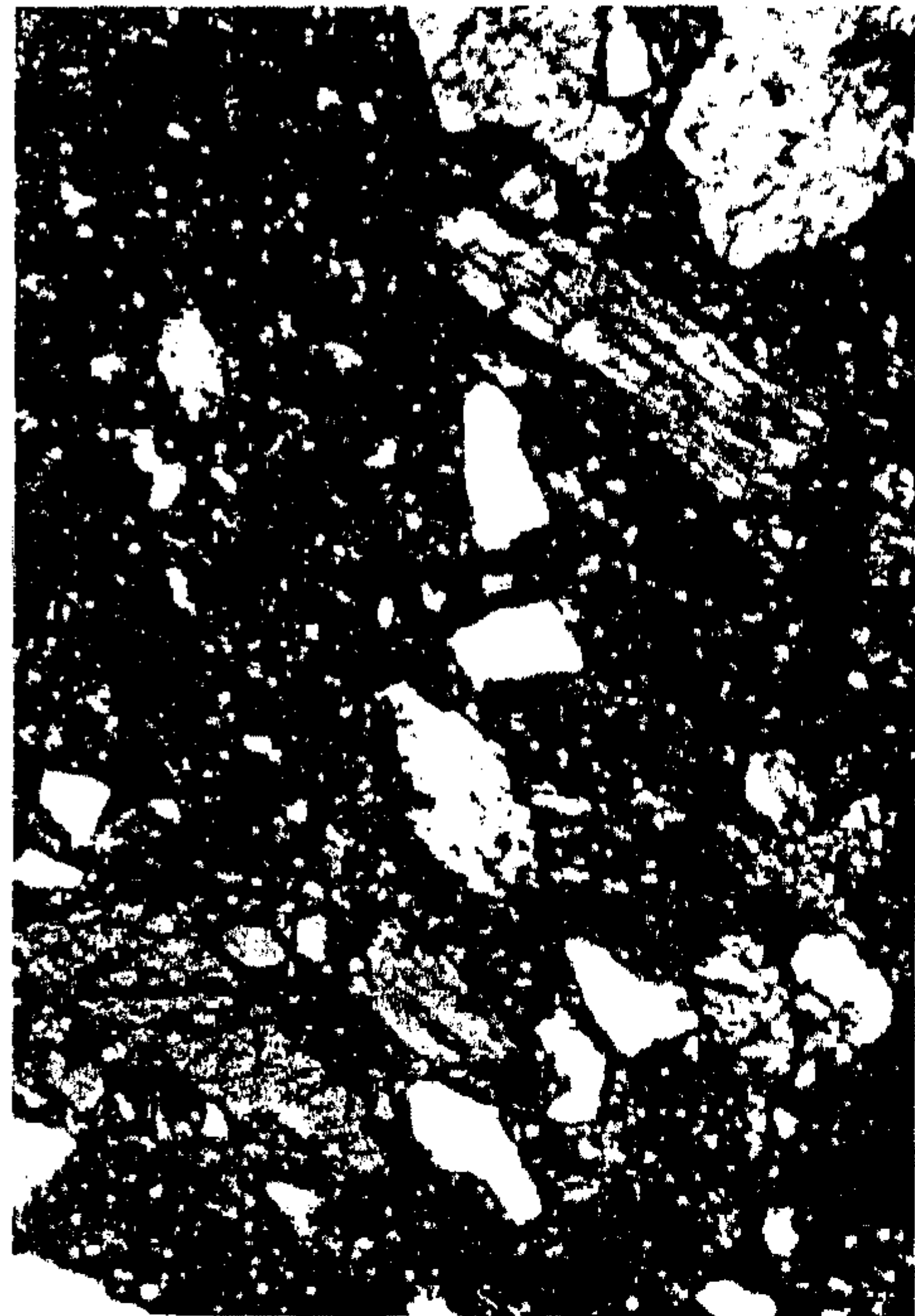
صورة رقم ( ١٢ ) التحام بعض حبيبات الكورنث  
معا مع وجود بعض أكاسيد الحديد بالعينة الأولى  
( 4X.C.N.)



صورة رقم (١١) توضح احد حبيبات البلاجيوكليز  
وسط حبيبات الكورنث المنتشرة بشكل متجانس  
للينة الأولى ( 4X.C.N.)



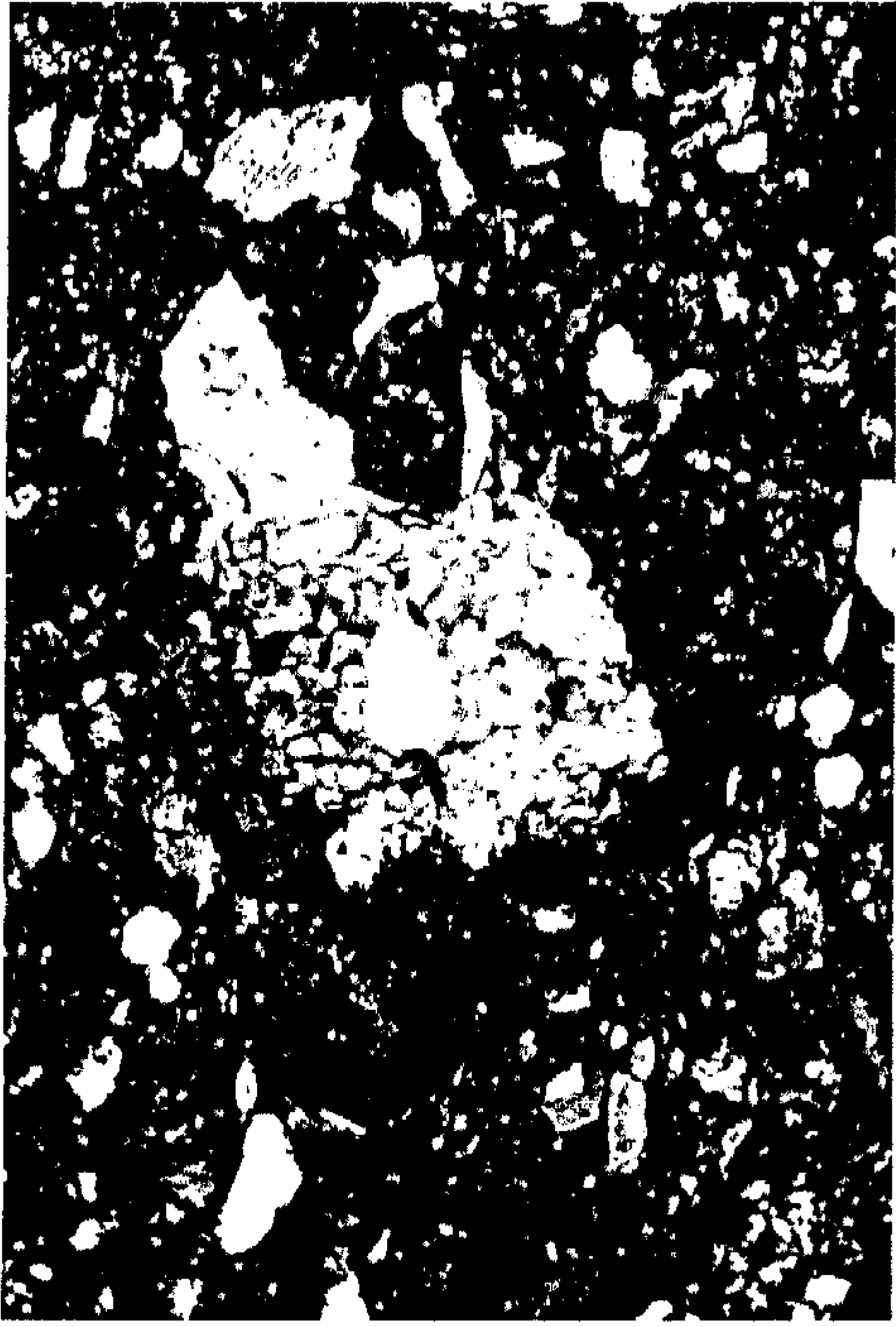
صورة رقم (١٤) توضح التداخل بين البدن  
وانتقال بعض مكونات البدن إلى التزجيج  
العينة الثانية ( 10XP.L )



صورة رقم (١٣) توضح وجود بعض حبيبات البيوتيت  
مع تفاوت حجم الكورنث بالعينة الثانية  
( 10X.C.N. )







صورة رقم (١٦) توضح خليط من الكورتز والفليت  
بالإضافة إلى انتشار بعض حبيبات البلاجيوكليز  
العينة الثالثة (10XC.N.)



صورة رقم (١٥) توضح التوزيع الجيد لحبيبات الفليت  
مع انتشار بعض اكاسيد الحديد العينة الثالثة  
(10XC.N.)



صورة رقم (١٨) توضح المنطقة الفاصلة بين  
البدن والتزجيج العينة الرابعة (4XP.L)



صورة رقم (١٧) توضح انتشار البلاجيوكليز مع وجود  
أحد حبيبات البيروكسين العينة الرابعة (10XC.N.)



العينه الخامسة : يظهر نسيج متجانس وغنى بحبيبات الفلنت مع وجود بعض حبيبات البيروكسين كما في الصورة رقم (١٩). بالإضافة الي وجود بعض حبيبات البلاجيوكليز إلى جانب وجود أكاسيد الحديد داخل نسيج غنى بحبيبات الفلنت ويتضح ذلك في الصورة (٢٠).

العينه السادسة : توضح الصورة رقم (٢١) طبقة التزجيج والبدن مع تداخل بعض مكونات البدن إلى جانب ظهور تفاوت كبير بين حجم حبيبات الكوارتز المختلفه وتمثل الصورة رقم (٢٢) جزء من الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين وتوضح التوازي في ترتيب حبيبات الكوارتز مما يدل على استخدام العجلة في التشكيل مع وجود بعض أكاسيد الحديد والكالسيت .

العينه السابعة : يظهر نسيج متجانس التوزيع لحبيبات الكوارتز متفاوتة الحجم ، هذا إلى جانب الزوايا الحادة لحبيبات الكوارتز كما في الصورة رقم (٢٣). وتظهر طبقة التزجيج وعدم تجانس سمكها ، التداخل بين البدن والتزجيج و نلاحظ إرتفاع نسبة الكوارتز في البدن ويظهر أيضا توازي حبيبات الكوارتز مع السطح مما يدل على استخدام العجلة في التشكيل بالإضافة إلى وجود أكاسيد الحديد بوفرة داخل النسيج كما في الصورة رقم (٢٤).

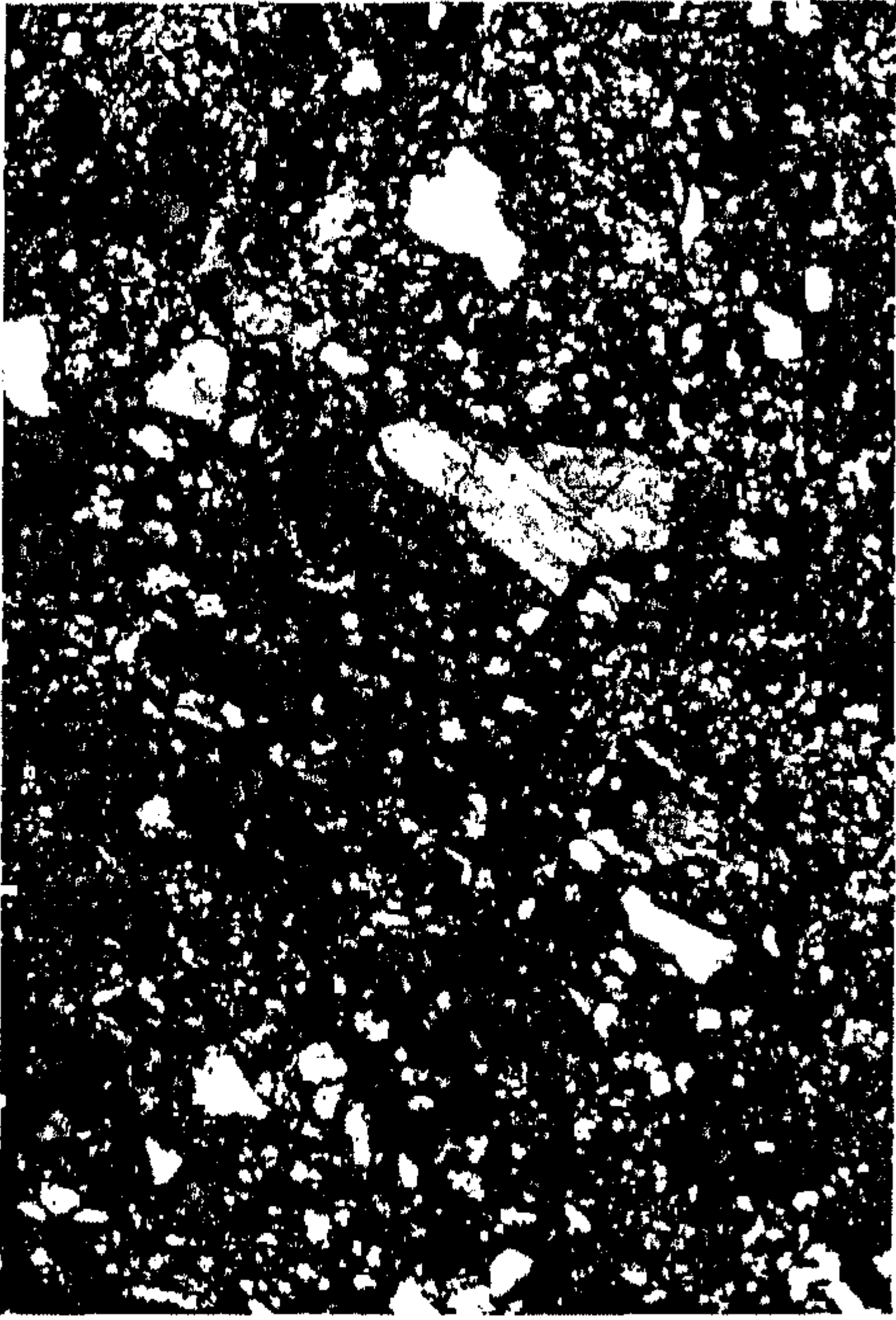
العينه الثامنة : يظهر في هذه العينه طبقة التزجيج والبدن هذا إلى جانب ارتفاع نسبة الكوارتز مع تفاوت حجمها بالإضافة إلى حدوث تشوه لحبيبات الكوارتز كما في الصورة رقم (٢٥). وتوضح الصورة رقم (٢٦) الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين ويظهر أيضا عدم استواء السطح الخارجى للتزجيج .

العينه التاسعة : تظهر طبقة التزجيج مع البدن ونلاحظ أن حجم حبيبات الكوارتز كبير بالإضافة إلى التداخل بين منطقة البدن والتزجيج كما في الصورة رقم (٢٧). ويظهر أيضا حدوث تشوه في معظم حبيبات الكوارتز كبيرة الحجم وعدم التجانس في حجم الحبيبات لنفس الصورة السابقة بين المستقطبين كما في الصورة رقم (٢٨) .

العينه العاشرة : تمثل الصورة رقم (٢٩) التزجيج وجزء من البدن ويلاحظ في طبقة التزجيج بعض الأجزاء التي لم يكتمل انصهارها حيث يحتوى بعضها على كوارتز والبعض الآخر على طفلة. ويلاحظ أن النسيج غنى بأكاسيد الحديد ويتميز أيضا بدقة حبيباته و هي نفس الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين كما في الصورة رقم (٣٠).



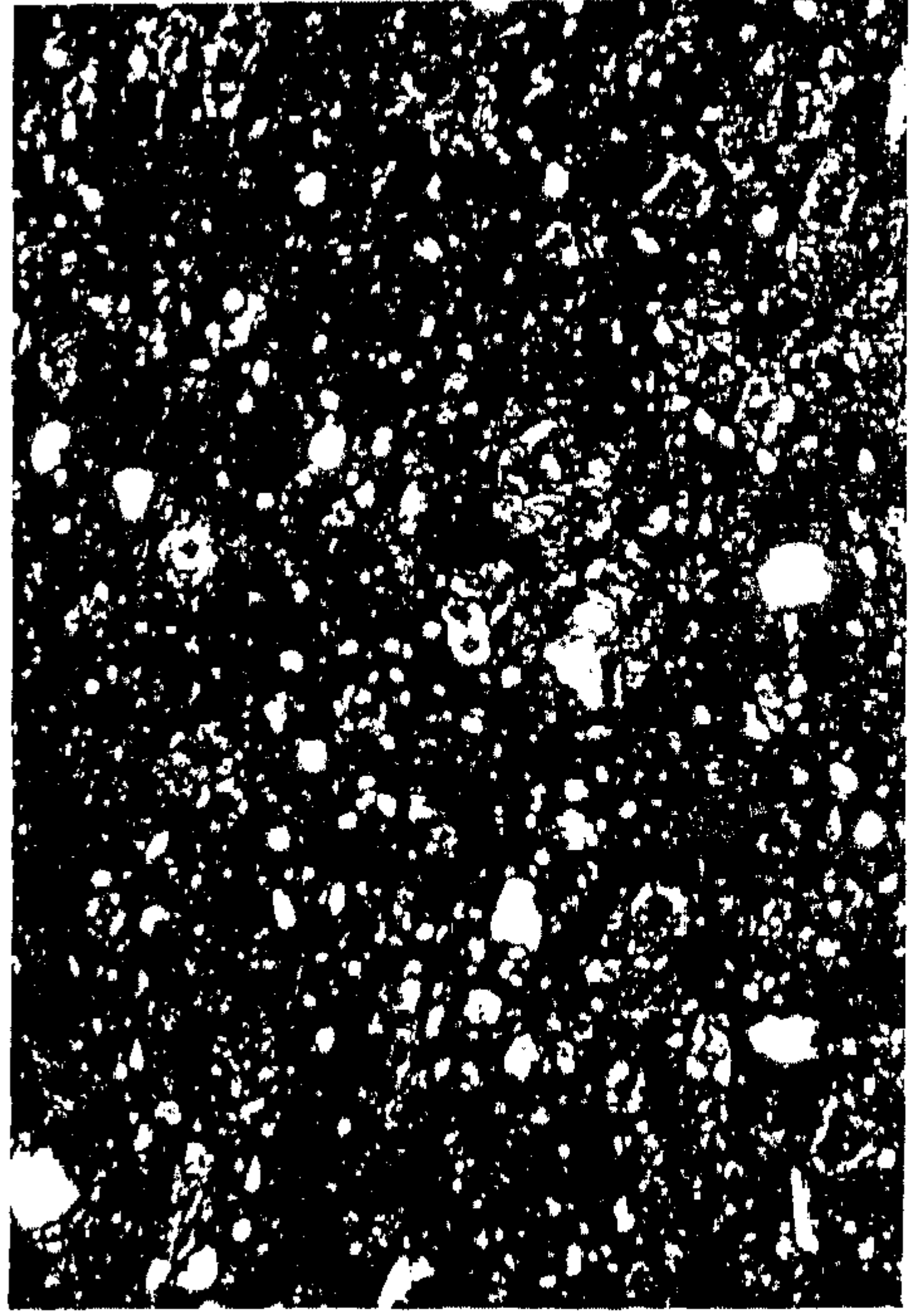




صورة رقم (٢٠) توضح انتشار أكاسيد الحديد داخل النسيج مع وجود بعض حبيبات الهلاجيوكليز بالعينة الخامسة (10X.C.N.)



صورة رقم (٢٢) توضح طبقة التزجيج والبدن التزجيج بين المستقطبين والتوازي بين حبيبات الكوارتز مع وجود بعض أكاسيد الحديد بالعينة السادسة (10XC.N.).



صورة رقم (١٩) توضح تجانس النسيج وذلك وذلك بالتوزيع الجيد للفلنت بالعينة الخامسة (4XC.N.)



صورة رقم (٢١) توضح التدخل بين البدن و والتفاوت في حجم حبيبات الكوارتز بالعينة السادسة (10-X-P-L).





صورة رقم (٢٤) توضح طبقة التزجيج  
ويلاحظ ارتفاع نسبة الكوارتز وأكاسيد الحديد  
بالعينة السابعة (4X.P.L)



صورة رقم (٢٣) التوزيع المتجانس لحبيبات  
الكوارتز مع عدم تجانس في حجم الحبيبات  
بالعينة السابعة (4XC.N).



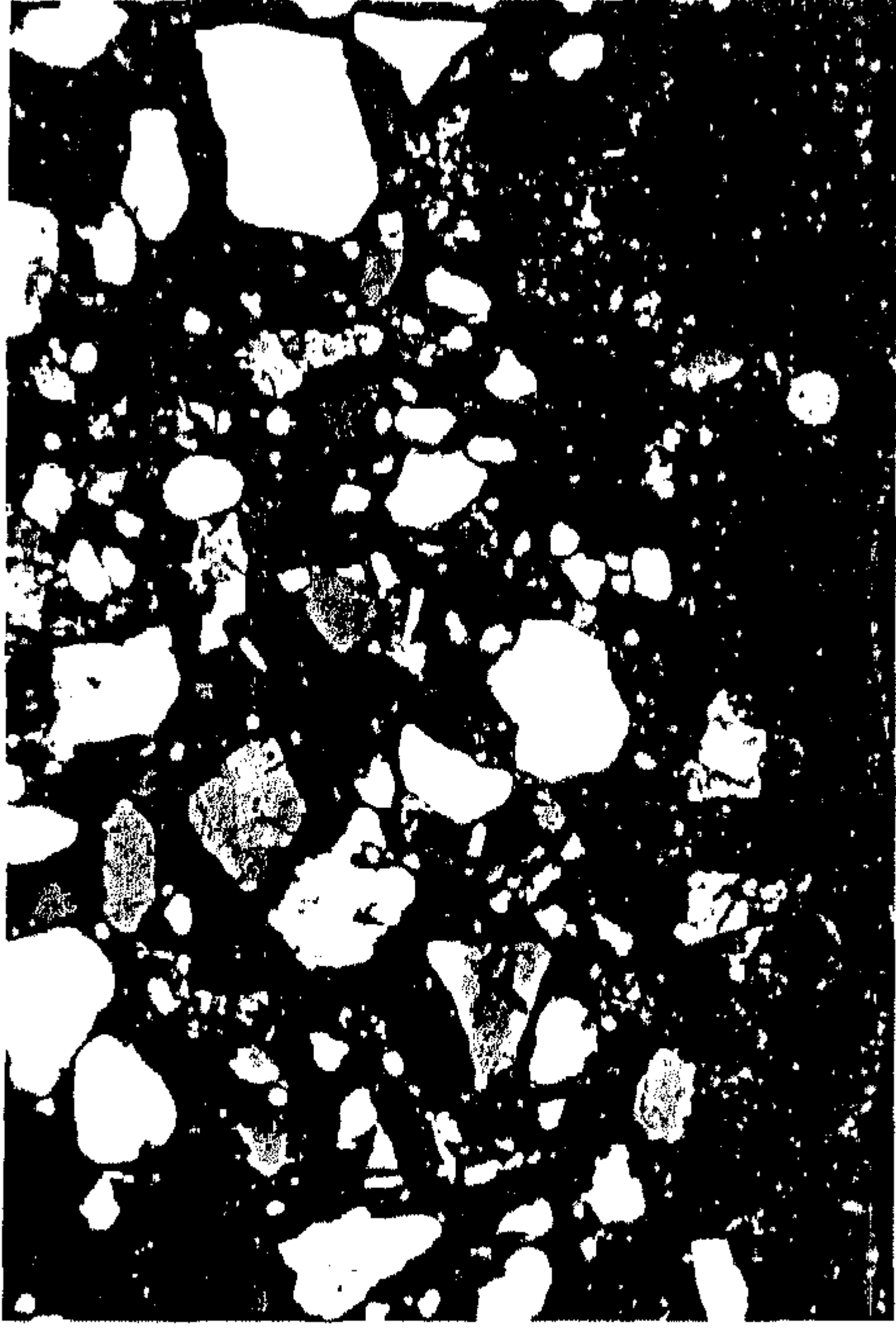
صورة رقم (٢٦) توضح الصورة السابقة بين  
المستقطبين ونلاحظ تشوه بعض حبيبات الكوارتز  
العينة الثامنة (4X.C.N.)



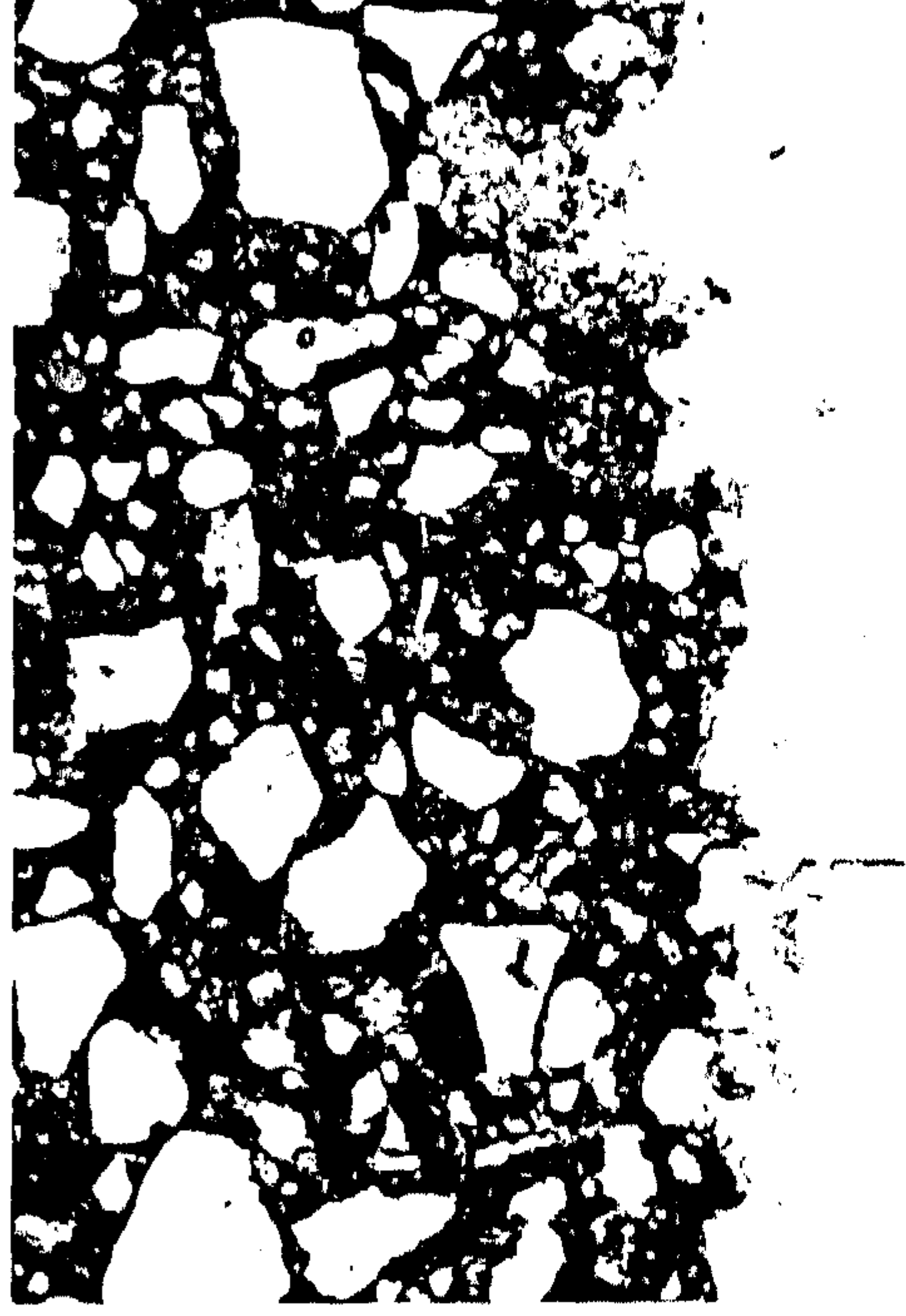
صورة رقم (٢٥) توضح طبقة التزجيج والبدن  
الذي يتميز بارتفاع نسبة الكوارتز  
العينة الثامنة (4X.P.L).



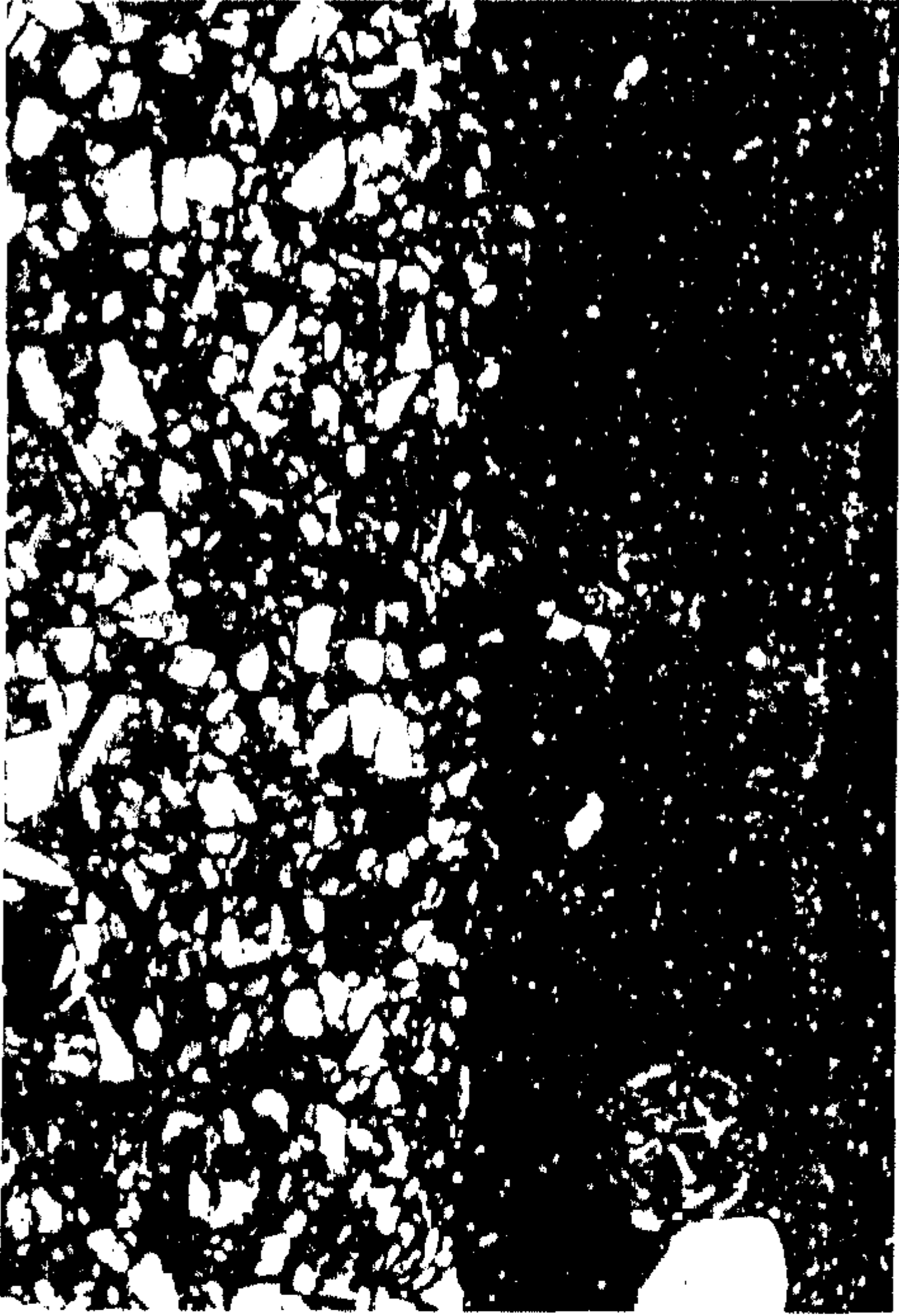




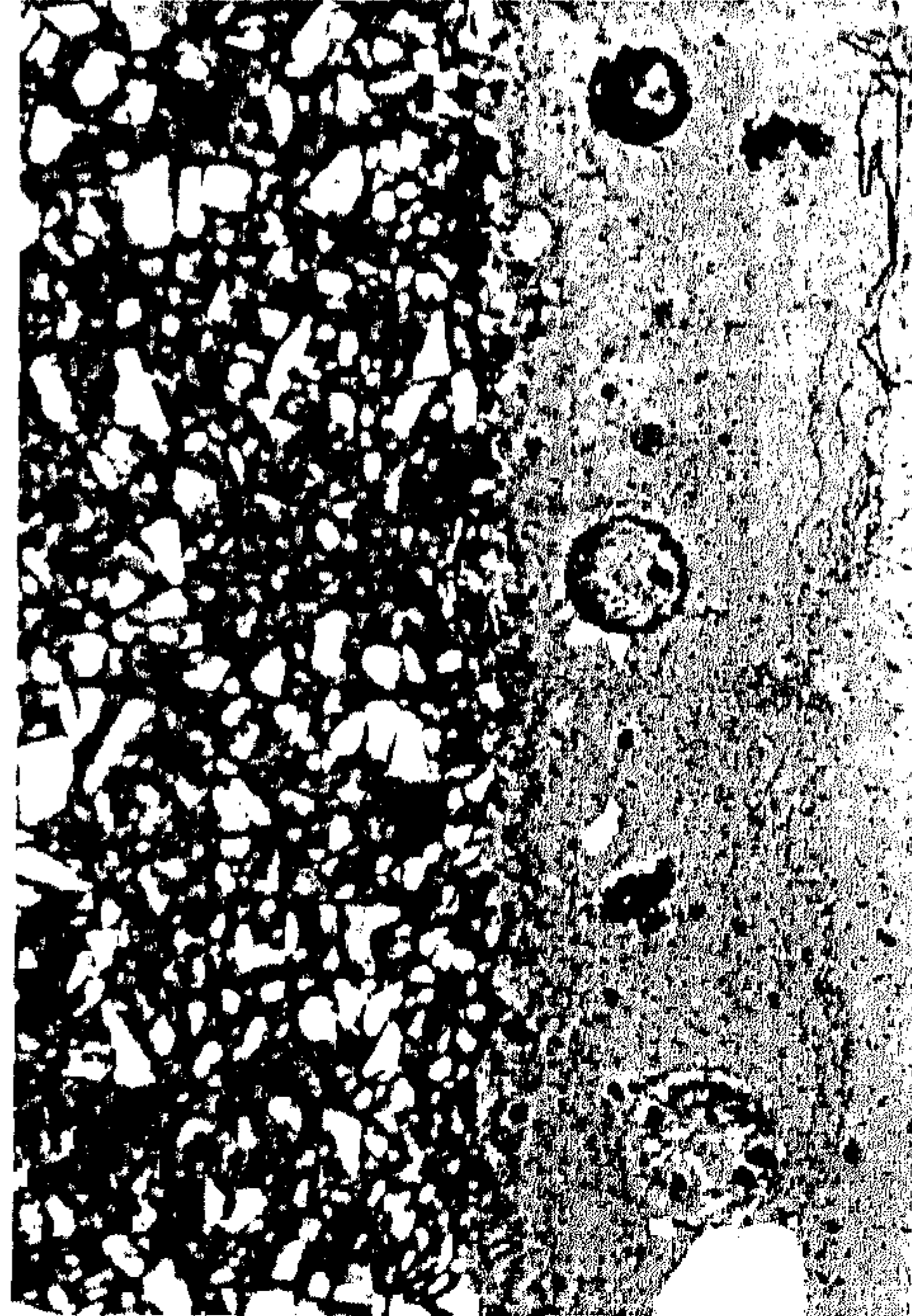
صورة رقم (٢٨) توضح الصورة السابقة  
بين المستقطبين المتعامدين  
العينة التاسعة (4 X C.N.).



صورة رقم (٢٧) توضح التداخل بين  
البدن والتزجيج ويلاحظ عدم التجانس في الحجم .  
العينة التاسعة (4 X P.L.).



صورة رقم (٣٠) توضح الصورة السابقة بين  
المستقطبين وتوضح النسيج المتجانس دقيق  
الحبيبات . العينة العاشرة (4 X C.N.)



صورة رقم (٢٩) توضح طبقة التزجيج التي لم يكتمل  
انصهار كل مكوناتها ومنطقة التداخل بينهما.  
العينة العاشرة (4 X P.I.)



العينه الحادية عشر : توضح الصورة رقم (٣١) نسيج غنى بأكاسيد الحديد بالإضافة إلى أن حبيبات الكوارتز تتميز بدقة حجمها . ويلاحظ النسيج المتجانس هذا إلى جانب عدم استواء سطح البدن كما يظهر في الصورة رقم (٣٢).

العينه الثانية عشر : يلاحظ طبقة التزجيج وتداخلها مع البدن بالإضافة إلى وجود بعض الفقاعات في التزجيج التي لم يكتمل انصهار مكوناتها وتداخل بعض مكونات البدن إلى التزجيج كما في الصورة رقم (٣٣) بالإضافة إلى وجود أرضية غنية بأكاسيد الحديد كما في الصورة رقم (٣٤) .

العينه الثالثة عشر : توضح الصورة رقم (٣٥) نسيج البدن الذي يتميز بارتفاع نسبة الكوارتز بأحجام متفاوتة ويلاحظ أيضا الزوايا الحادة . كما توضح الصورة رقم (٣٦) وجود تجمعات من حبيبات الكوارتز داخل النسيج ويلاحظ أيضا ارتفاع نسبة الكوارتز واختلاف أحجامه .

العينه الرابعة عشر: تمثل الصورة رقم (٣٧) نسيج غنى بحبيبات الكوارتز المتفاوت الأحجام ويلاحظ وجود تجمعات من الكوارتز مما يبين عدم تجانس البدن. بالإضافة الي وجود أرضية غنية بأكاسيد الحديد مع وجود أحد حبيبات البيروكسين داخل النسيج كما في الصورة رقم (٣٨).

## X – Ray Diffraction

## ٢ – حيود الأشعة السينية

تستخدم هذه الطريقة في التعرف على المعادن المكونة للخزف وذلك من خلال التركيب البلوري لها . ويعتبر الخزف من المواد المعقدة من الناحية المعدنية وعليه فإنه يحتوى علي عدد كبير من المعادن تشمل خليط من معادن الطفلة بالإضافة إلى بعض المواد غير اللدنة مثل الكوارتز والفلسبار والكالسيت بالإضافة إلى بعض المواد الأخرى <sup>(1)</sup> كما أن هذه الطريقة مفيدة جدا في التعرف على معظم المعادن السليكاتية <sup>(2)</sup> .

وتساعد طريقة حيود الاشعه السينيه في دراسة التغيرات المعدنية التي حدثت عند حرق الطفلة مما يساعد في التعرف على درجة حرارة الحرق على أساس أن الأطوار البلورية

(1) Rice , P . M., Pottery analysis, University of Chicago Press, USA, 1987, P.311.

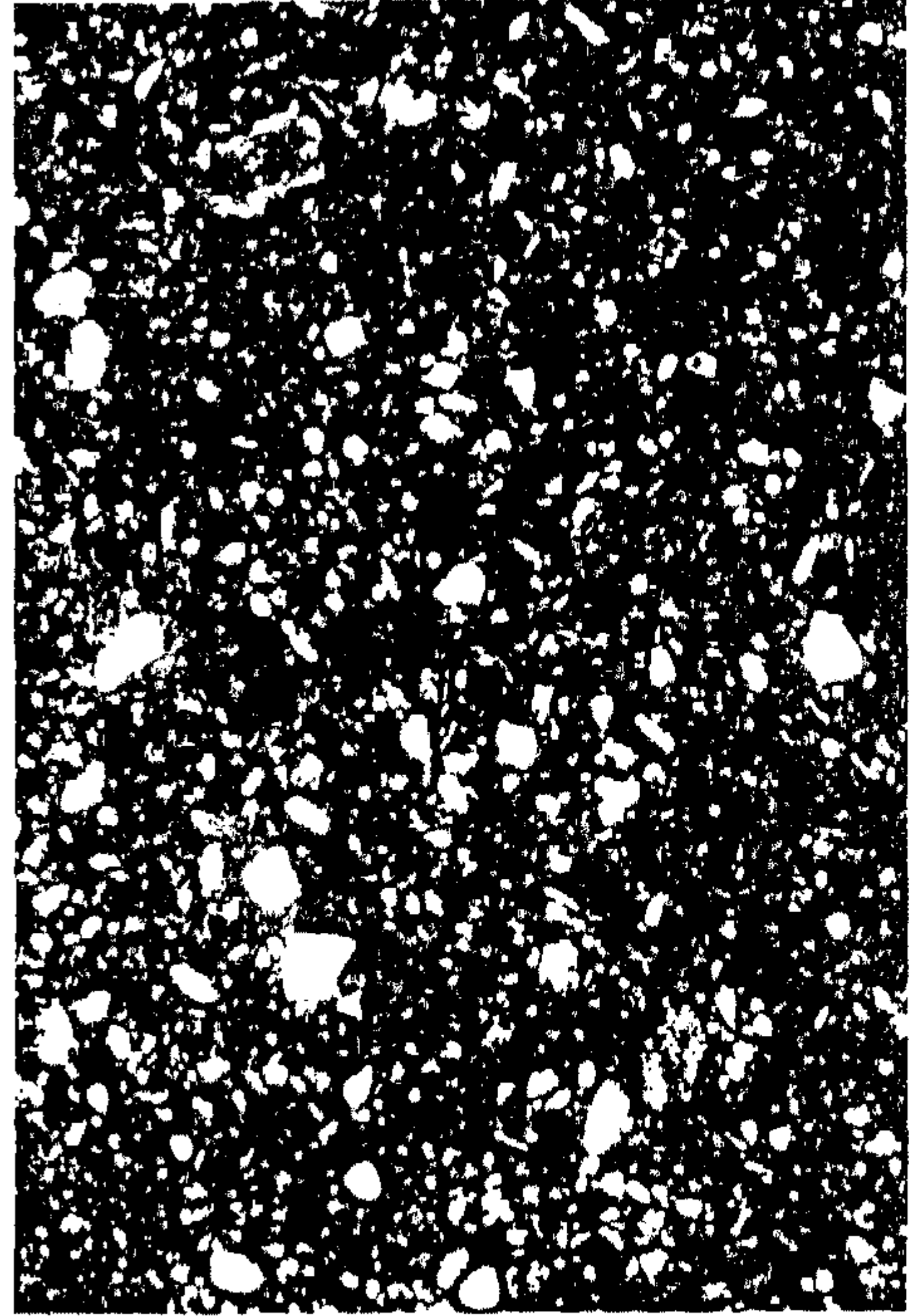
(2)Garrison, E.G., Techniques in Archaeological Geology, Springer, Germany, 2003, P.212.







صورة رقم (٣٢) توضح أرضية غنية بأكاسيد الحديد كما أن سطح البدن غير مستوي .  
العينة الحادية عشر (10 X P.L.) .



صورة رقم (٣١) توضح النسيج المتجانس الذي يتميز بدقة حبيباته . العينة الحادية عشر .  
(4 XC.N.)



صورة رقم (٣٤) توضح الصورة السابقة بين المستقطبين كما أن حبيبات الكوارتز الزوايا حادة العينة الثانية عشر (4X C.N.) .

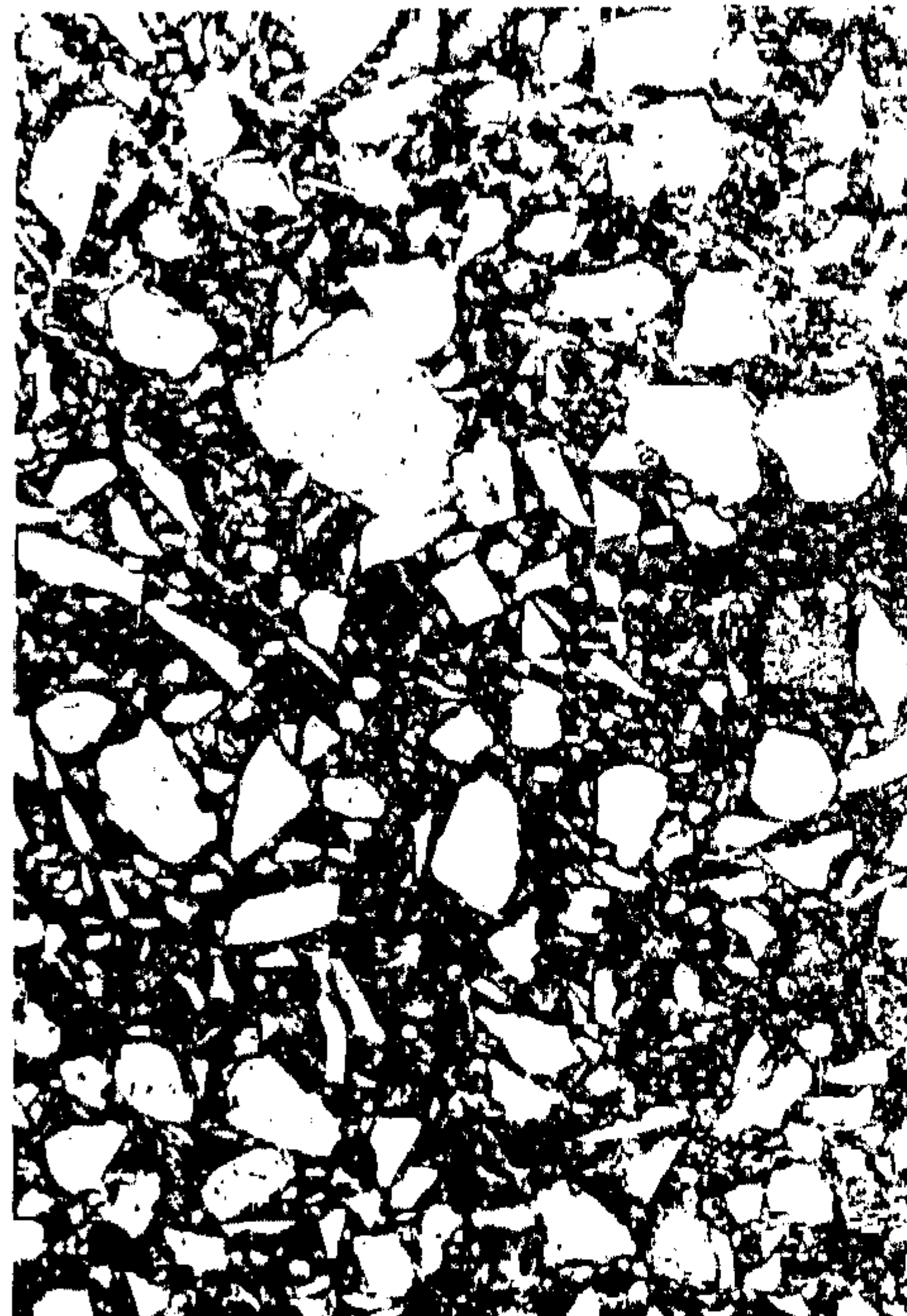


صورة رقم (٣٣) توضح طبقة التزجيج وبها بعض المكونات التي لم تنصهر  
العينة الثانية عشر (4 X P.L.)





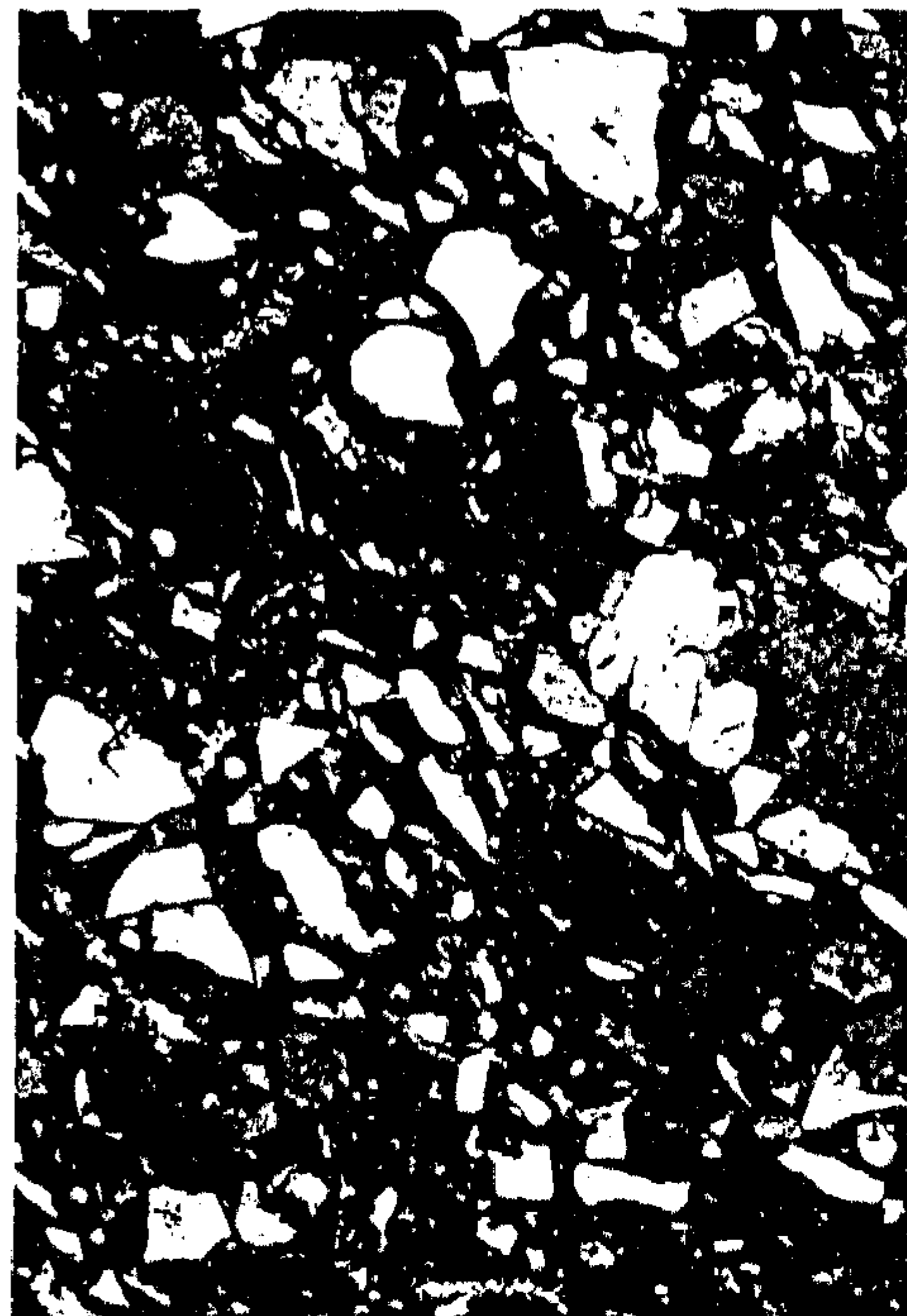
صورة رقم (٣٦) توضح طبقة التزجيج ذات السمك  
الكبير والزوايا الحادة لحبيبات الكوارتز .  
العينة الثالثة عشر (4X C.N.).



صورة رقم (٣٥) توضح أرضية غنية بحبيبات  
كوارتز مختلفة الشكل والحجم.  
العينة الثالثة عشر (4XP.I.).



صورة رقم (٣٨) توضح أرضية غنية بأكاسيد  
الحديد مع وجود حبيبة من البيروكسين  
العينة الرابعة عشر (10 XC.N.).



صورة رقم (٣٧) توضح التوزيع غير  
المتجانس للكوارتز مع وجود تجمعات منه  
العينة الرابعة عشر (4 X C.N.).





المختلفة للمعادن في الطفلة المحروقة تتغير تبعا لدرجة حرارة الحرق <sup>(1)</sup> . والأشعة السينية عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية Electro Magnetic Radiation ذات أطوال موجية تتراوح بين ٠,٥ إلى ٢,٥ أنجستروم ويعتبر نمط حيود الأشعة السينية من حيث موقع الانعكاسات وشدة كلا منها مميزا للتركيب البلوري وبالتالي للمادة نفسها <sup>(2)</sup> .

وقد استخدمت هذه الطريقة لدراسة بعض العينات المأخوذة من الفسطاط (المجموعة الأولى) وهذه العينات عبارة عن كسر مختلفة لمسارج خزفية عثر عليها بالفسطاط تم تحليل جزء منها بالميكروسكوب المستقطب ونفس الكسر تم تحليلها بطريقة حيود الأشعة السينية بالإضافة الي نماذج المسارج قيد الدراسة (المجموعة الثانية)، ويوضح الجدول رقم (٤) قائمة بأسماء المركبات التي تم الحصول عليها من خلال التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية واختصاراتها والتي سيتم استخدامها داخل الأشكال.

وفيما يلي أهم المكونات التي تم الحصول عليها عند تحليل المجموعة الأولى (الفسطاط) بطريقة حيود الأشعة السينية :

- العينة (١) تحتوي علي الكوارتز  $SiO_2$  و يتواجد بنسبة ٦٠,٧% و التريديميت  $SiO_2$  يتواجد بنسبة ١٦,٤% و الجهلينيت  $Ca Al_2 SiO_7$  ويتواجد بنسبة ١١,٥% و السبينيل  $Mg Al_2 O_4$  يتواجد بنسبة ٨,٢% و البلوستيت  $FeO$  الذي يتواجد بنسبة ٣% . و يتضح ذلك في الشكل رقم (١٠) والجدول رقم (٥) ويظهر ارتفاع نسبة الكوارتز بالعينة .

- العينة (٢). تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $SiO_2$  و يتواجد بنسبة ٦٥,٢% ،سيليكات الألومنيوم والماغنسيوم  $Mg Al Si_3 O_{10}$  و يتواجد بنسبة ١٦% بالإضافة الي الجهلينيت  $Ca Al_2 SiO_7$  الذي يتواجد بنسبة ١٠,٨% و السبينيل  $Mg Al_2 O_4$  يتواجد بنسبة ٧,٨% .. ويتضح ذلك في شكل رقم (١١) وجدول رقم (٦) .

- العينة ( ٣ ) تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $SiO_2$  يتواجد بنسبة ٦٤,٩% والكريستوباليت  $SiO_2$  يتواجد بنسبة ١٦% والأورثوكليز  $KAl Si_3 O_8$  يتواجد بنسبة ١٢,٧% والماجنييت  $Fe_3 O_4$  يتواجد بنسبة ٦,٢% . ويتضح ذلك في شكل رقم (١٢) وجدول رقم (٧) .

(١) محمد محمد مصطفى : دراسة مقارنة لأنواع الفخار والسيراميك في مصر مع ترميم قطع فخار أثرية، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار . جامعة القاهرة ، ١٩٩١ ، ص ١٩٧ .

(٢) فاطمة حلمي : تطبيقات التكنولوجيا الحديثة في حقل الآثار ، محاضرات السنة التمهيدية للماجستير، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ٢٠٠١ .



جدول رقم (٤) يوضح قائمة المركبات التي تم الحصول عليها  
من خلال التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية واختصاراتها المستخدمة في الجداول

| Mineral                         | المعدن | الرمز الكيميائي<br>Chemical Symbol                                 | الاختصار<br>Abbreviation | رقم الكارت<br>Card Number  |
|---------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Anorthite                       |        | calcium Sodium<br>Aluminium silicate                               | Anr                      | 20-0528                    |
| Calcite                         |        | CaCO <sub>3</sub>                                                  | Cal                      | 29-0305                    |
| Calcium Iron Oxide              |        | CaO:2FeO                                                           | CIO                      | 06-0602                    |
| Cristobalite                    |        | SiO <sub>2</sub>                                                   | Crs                      | 03-0276                    |
| Diopside                        |        | CaMg (SiO) <sub>2</sub>                                            | Dio                      | 11-0654                    |
| Fayalite                        |        | Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>                                   | Fay                      | 34-0178                    |
| Gehlenite                       |        | Ca Al <sub>2</sub> SiO <sub>7</sub>                                | G                        | 20-0199                    |
| Goethite                        |        | FeO (OH)                                                           | Goth                     | 17-0536                    |
| Gypsum                          |        | Ca SO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O                             | Gps                      | 33-0311                    |
| Halite                          |        | Na Cl                                                              | Hal.                     | 05-0628                    |
| Hematite                        |        | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                     | Hem                      | 33-0664                    |
| Iron Phosphate                  |        | Fe <sub>3</sub> PO <sub>7</sub>                                    | I.P.                     | 14-0147                    |
| Labradorite                     |        | calcium Sodium<br>Aluminium silicate                               | Lab                      | 10-360                     |
| Magnesium<br>Aluminum silicate  |        | Mg Al Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub>                              | MAS                      | 25-0511                    |
| Magnesium Silicate<br>hydroxide |        | Mg <sub>9</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> | MSH                      | 31-0809                    |
| Magnetite                       |        | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>                                     | Mag                      | 11-0614                    |
| Microcline                      |        | KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>                                  | Micr.                    | 19-0932                    |
| Mullite                         |        | Al <sub>6</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                     | MuL.                     | 15-0776                    |
| Orthoclase                      |        | KAl Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>                                 | Orth                     | 09-0462                    |
| Plustite                        |        | FeO                                                                | Plu                      | 46-1312                    |
| Potassium Iron<br>silicate      |        | K Fe Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>                                | PIS                      | 14-0617                    |
| Quartz                          |        | SiO <sub>2</sub>                                                   | Q                        | 46-1045,50-490,<br>33-1161 |
| Spinel                          |        | Mg Al <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                                  | Spi                      | 03-0901                    |
| Tridymite                       |        | SiO <sub>2</sub>                                                   | Tr                       | 14-260                     |
| Wollastonite                    |        | Ca SiO <sub>3</sub>                                                | WoL.                     | 10-0487                    |

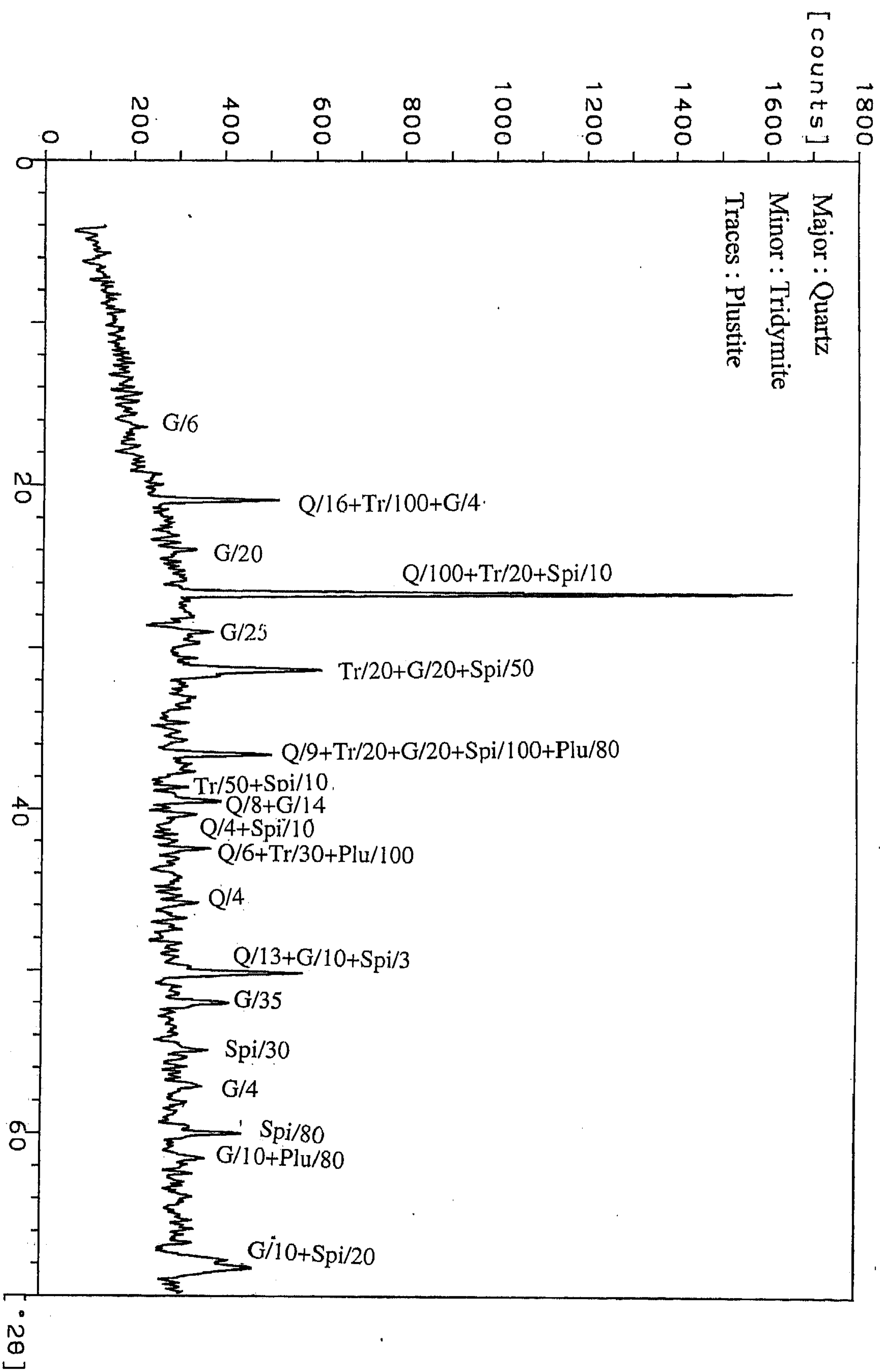


جدول رقم (٥) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود

الأشعة السينية لعينة (١) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ      | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                     |                      |                   |                     |
|-------------------|---------|------------|------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
|                   |         |            |                  | 46-1045<br>Quartz   | 14-260<br>Tridymite | 20-0199<br>Gehlenite | 03-0901<br>Spinel | 40-1312<br>Plustite |
| 1                 | 16.33   | 3          | 5.4236           |                     |                     | 5.4616               |                   |                     |
| 2                 | 20.91   | 27         | 4.2448           | 4.255/16            | 4.27/100            | 4.2214               |                   |                     |
| 3                 | 23.94   | 5          | 3.714            |                     |                     | 3.71/20              |                   |                     |
| 4                 | 26.68   | 100        | 3.3379           | 3.3435/100          | 3.34/20             |                      | 3.35/10           |                     |
| 5                 | 29.95   | 5          | 3.0811           |                     |                     | 3.07/25              |                   |                     |
| 6                 | 31.36   | 19         | 2.8501           |                     | 2.85/20             | 2.85/100             | 2.83/50           |                     |
| 7                 | 36.62   | 14         | 2.4519           | 2.4569/9            | 2.45/20             | 2.43/20              | 2.43/100          | 2.47/80             |
| 8                 | 38.63   | 3          | 2.288            |                     | 2.30/50             |                      | 2.34/10           |                     |
| 9                 | 1039.53 | 7          | 2.2778           | 2.2815/8            |                     | 2.29/14              |                   |                     |
| 10                | 40.32   | 3          | 2.2347           | 2.2361/4            |                     |                      | 2.25/10           |                     |
| 11                | 42.44   | 5          | 2.1281           | 2.1277/6            | 2.12/30             |                      |                   | 2.14/100            |
| 12                | 45.90   | 2          | 1.9752           | 1.9799/4            |                     | 1.96/2               |                   |                     |
| 13                | 50.16   | 13         | 1.8172           | 1.8180/13           |                     | 1.81/10              | 1.82/3            |                     |
| 14                | 52.02   | 5          | 1.7564           |                     |                     | 1.75/35              |                   |                     |
| 15                | 54.94   | 1          | 1.6699           |                     |                     |                      | 1.65/30           |                     |
| 16                | 57.05   | 2          | 1.6129           |                     |                     | 1.61/4               |                   |                     |
| 17                | 60.00   | 6          | 1.0540           |                     |                     |                      | 1.55/80           |                     |
| 18                | 61.48   | 2          | 1.5070           |                     |                     | 1.51/16              |                   | 1.51/80             |
| 19                | 68.28   | 5          | 1.3725           |                     |                     | 1.37/10              | 1.37/20           |                     |





شكل رقم (١٠) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١) من القسطاط

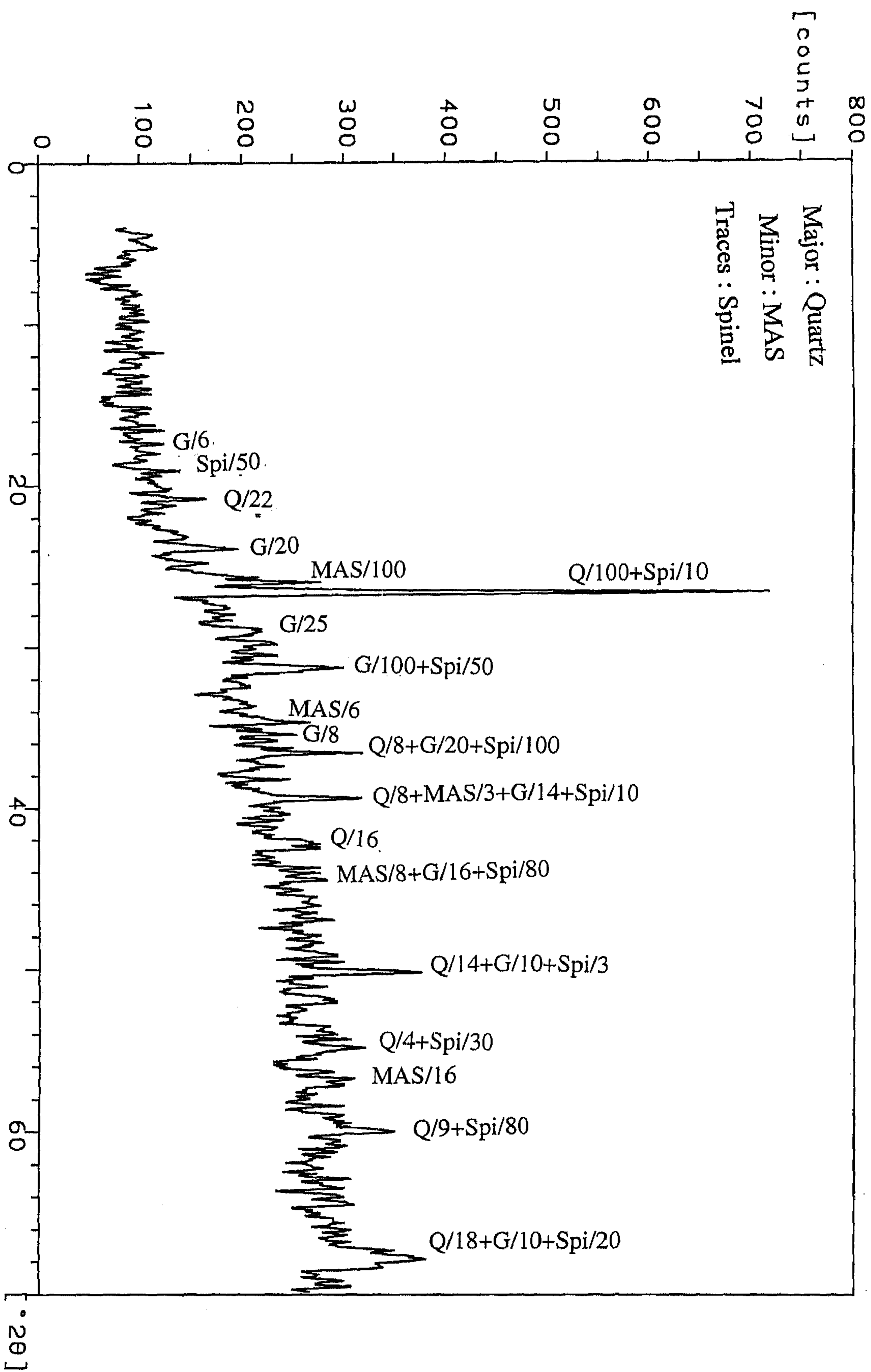




جدول رقم (٦) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة (٢) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | $d_{hkl}$ | Identified Minerals |                |                      |                   |
|-------------------|-------|------------|-----------|---------------------|----------------|----------------------|-------------------|
|                   |       |            |           | 33-1161<br>Quartz   | 25-0511<br>MAS | 20-0199<br>Gehlenite | 03-0901<br>Spinel |
| 1                 | 17.38 | 14         | 5.0968    |                     |                | 5.08/6               |                   |
| 2                 | 19.05 | 8          | 4.6549    |                     |                |                      | 4.68/50           |
| 3                 | 20.80 | 14         | 4.2660    | 4.257/22            |                |                      |                   |
| 4                 | 23.93 | 14         | 3.7148    |                     | 3.71/20        |                      |                   |
| 5                 | 25.97 | 25         | 3.4275    |                     | 3.42/100       |                      |                   |
| 6                 | 26.67 | 100        | 3.3397    | 3.342/100           |                |                      | 3.35/10           |
| 7                 | 28.45 | 9          | 3.0816    |                     |                | 3.07/25              |                   |
| 8                 | 30.50 | 14         | 2.9285    |                     |                |                      |                   |
| 9                 | 31.32 | 17         | 2.8532    |                     |                | 2.85/100             | 2.83/50           |
| 10                | 34.68 | 6          | 2.5845    |                     | 2.595/6        |                      |                   |
| 11                | 35.42 | 5          | 2.5318    |                     |                | 2.535/8              |                   |
| 12                | 36.58 | 12         | 2.4545    | 2.457/8             |                | 2.435/20             | 2.43/100          |
| 13                | 39.39 | 9          | 2.2856    | 2.282/8             | 2.298/3        | 2.292/4              | 2.25/10           |
| 14                | 42.27 | 5          | 2.1363    | 2.127/6             |                |                      |                   |
| 15                | 44.20 | 2          | 2.0472    |                     | 2.072/8        | 2.043/16             | 2.02/80           |
| 16                | 50.25 | 8          | 1.8142    | 1.8179/14           |                | 1.812/10             | 1.82/3            |
| 17                | 54.83 | 5          | 1.6728    | 1.6719/4            |                |                      | 1.065/30          |
| 18                | 56.86 | 4          | 1.6179    |                     | 1.613/16       |                      |                   |
| 19                | 59.98 | 5          | 1.5415    | 1.5418/9            |                |                      | 1.55/80           |
| 20                | 67.94 | 5          | 1.3785    | 1.3718/8            |                | 1.375/10             | 1.47/20           |





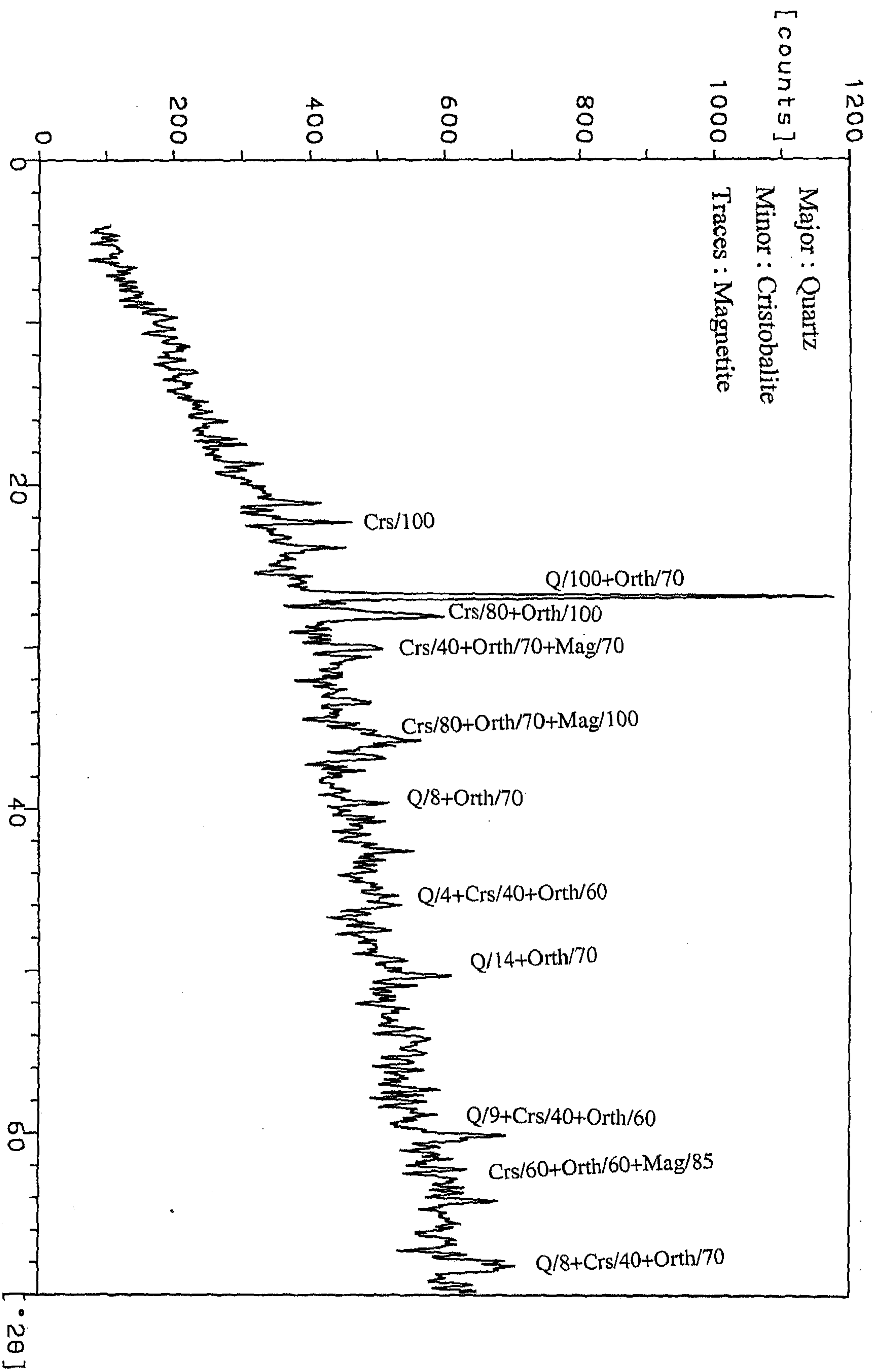
شكل رقم (١) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٢) من الفسفاط



جدول رقم (٧) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة (٣) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2 $\theta$ | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                         |                       |                      |
|-------------------|------------|------------|------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
|                   |            |            |                  | 33-1161<br>Quartz   | 03-0276<br>Cristobalite | 09-0462<br>Orthoclase | 11-0614<br>Magnetite |
| 1                 | 22.26      | 25         | 3.9895           |                     | 3.99/100                |                       |                      |
| 2                 | 26.86      | 100        | 3.3159           | 3.342/100           |                         | 3.33/70               |                      |
| 3                 | 28.08      | 20         | 3.1746           |                     | 3.19/80                 | 3.18/100              |                      |
| 4                 | 30.01      | 10         | 2.9752           |                     | 2.94/40                 | 3/70                  | 2.96/70              |
| 5                 | 35.73      | 10         | 2.5109           |                     | 2.50/60                 | 2.53/70               | 2.53/100             |
| 6                 | 39.63      | 6          | 2.2723           | 2.282/8             |                         | 2.29/70               |                      |
| 7                 | 45.51      | 3          | 1.9915           | 1.9792/4            | 2.02/40                 | 1.99/60               |                      |
| 8                 | 50.24      | 5          | 1.8143           | 1.8179/14           |                         | 1.82/70               |                      |
| 9                 | 60.09      | 9          | 1.5385           | 1.5418/9            | 1.54/40                 | 1.53/60               |                      |
| 10                | 62.21      | 3          | 1.4909           |                     | 1.49/60                 | 1.49/60               | 1.48/85              |
| 11                | 68.20      | 4          | 1.3739           | 1.3718/8            | 1.37/40                 | 1.37/70               |                      |





شكل رقم (١٢) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٣) من القسطاط





- العينة رقم ( ٤ ) تحتوي العينة علي الكوارتز  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ٧٥,٧ % والكالسيت  $\text{CaCO}_3$  ويتواجد بنسبة ٨,٦ % والصابونيت Calcium Magnesium Hydroxide Hydrate يتواجد بنسبة ٧,٨ % والأنورثيت Sodium Calcium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ٧,٧ % . ويتضح ذلك في الشكل رقم (١٣) وجدول رقم ( ٨ ) .

- العينة ( ٥ ) تحتوي العينة علي الجهلينيت  $\text{Ca}_2 \text{Al}_2 \text{SiO}_7$  يتواجد بنسبة ٣٤,٦ % والكوارتز  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ٣٠ % و الهيماتيت  $\text{Fe}_2 \text{O}_3$  يتواجد بنسبة ١١,٥ % و السبينيل  $\text{Mg Al}_2 \text{O}_4$  يتواجد بنسبة ٩,٤ % و الكالسيت  $\text{Ca CO}_3$  يتواجد بنسبة ٨,١ % و الفياليت  $\text{Fe}_2 \text{SiO}_4$  يتواجد بنسبة ٦,٢ % . ويتضح ذلك في شكل رقم (١٤) وجدول رقم (٩) .

- العينة (٦) تحتوي العينة علي الكوارتز  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ٧٩,١ % و الهاليت  $\text{Na Cl}$  يتواجد بنسبة ٦,١ % والأنورثيت Sodium Calcium Aluminum silicate يتواجد بنسبة ٥,٦ % والكالسيت  $\text{Ca CO}_3$  يتواجد بنسبة ٤,٥ % والسبينيل  $\text{Mg Al}_2 \text{O}_4$  يتواجد بنسبة ٤,٥ % . ويتضح ذلك في شكل رقم (١٥) وجدول رقم (١٠)

- العينة ( ٧ ) تحتوي العينة علي الكوارتز  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ٧٧,٢ % والتريديمت  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ١٢,٣ % والسبينيل  $\text{Mg Al}_2 \text{O}_4$  يتواجد بنسبة ٥,٤ % و أكسيد الحديد والكالسيوم  $\text{CaO} : 2\text{FeO}$  يتواجد بنسبة ٣ % والميكروكلين  $\text{KAl Si}_3 \text{O}_8$  يتواجد بنسبة ١,٨ % . ويتضح ذلك في شكل رقم (١٦) وجدول رقم (١١)

- العينة (٨) تحتوي العينة علي الكوارتز  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ٦٦,٤ % والتريديمت  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ١٩,٨ % و السبينيل  $\text{Mg Al}_2 \text{O}_4$  يتواجد بنسبة ٧,٧ % والموليت  $\text{Al}_6 \text{Si}_2 \text{O}_3$  يتواجد بنسبة ٥,٩ % . ويتضح ذلك في شكل رقم (١٧) وجدول رقم (١٢) .

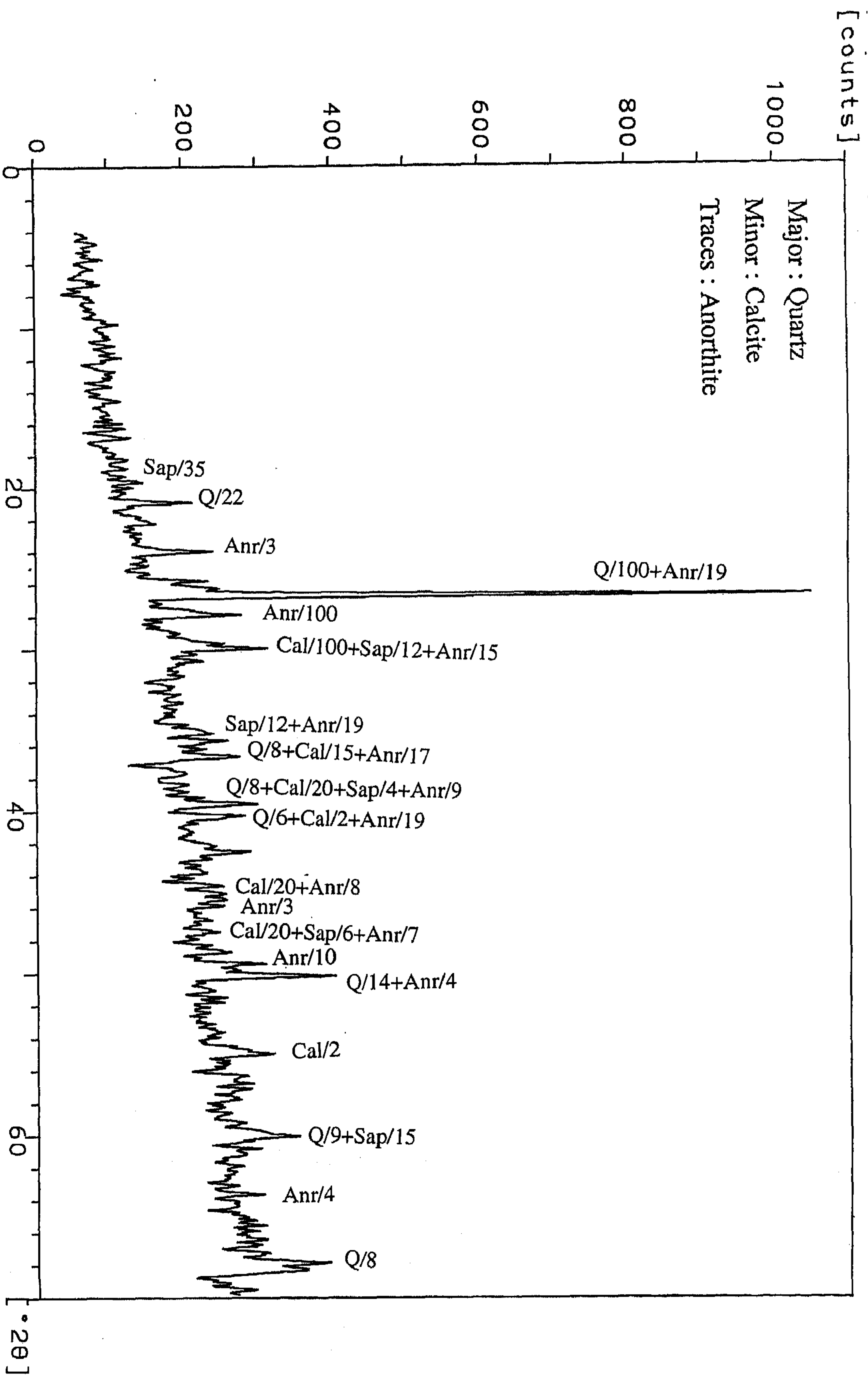
- العينة ( ٩ ) تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ٦٤,٧ % والتريديمت  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ١١,٩ % و أكسيد الحديد والكالسيوم  $\text{CaO} : 2\text{FeO}$  يتواجد بنسبة ٩,٢ % والأورثوكليز  $\text{KAl Si}_3 \text{O}_8$  يتواجد بنسبة ٥,٨ % بالاضافه الي الولاستونيت  $\text{Ca SiO}_3$  يتواجد بنسبة ٥,٨ % . ويتضح ذلك في شكل رقم (١٨) وجدول رقم (١٣) .



جدول رقم (٨) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة (٤) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                    |                     |                      |
|-------------------|-------|------------|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
|                   |       |            |                  | 33-1161<br>Quartz   | 29-0305<br>Calcite | 25-1498<br>Saponite | 20-0528<br>Anorthite |
| 1                 | 5.71  | 10         | 15.4513          |                     |                    | 15.5/100            |                      |
| 2                 | 19.61 | 5          | 4.5221           |                     |                    | 5.53/35             |                      |
| 3                 | 25.77 | 8          | 3.4536           |                     |                    |                     | 3.468/3              |
| 4                 | 26.68 | 100        | 3.3379           | 3.342/100           |                    |                     | 3.36/7               |
| 5                 | 27.89 | 10         | 3.1963           |                     |                    |                     | 3.197/100            |
| 6                 | 29.94 | 11         | 2.9820           |                     | 2.998/100          | 3.10/12             | 2.954/15             |
| 7                 | 35.61 | 7          | 2.5191           |                     |                    | 2.54/12             | 2.513/19             |
| 8                 | 36.62 | 8          | 2.4516           | 2.457/15            |                    |                     | 2.457/17             |
| 9                 | 39.52 | 9          | 2.2784           | 2.282/8             | 2.264/20           | 2.27/4              | 2.28/9               |
| 10                | 40.25 | 6          | 2.2385           | 2.237/4             |                    |                     | 2.23/3               |
| 11                | 42.49 | 6          | 2.1258           | 2.127/6             | 2.113/2            |                     | 2.139/19             |
| 12                | 44.62 | 3          | 2.0291           |                     | 2.064/20           |                     | 2.02/8               |
| 13                | 45.29 | 2          | 2.0006           |                     |                    |                     | 2.004/3              |
| 14                | 48.64 | 2          | 1.8704           |                     | 1.886/20           | 1.87/6              | 1.88/7               |
| 15                | 49.42 | 5          | 1.8427           |                     |                    |                     | 1.839/10             |
| 16                | 50.16 | 9          | 1.8170           | 1.8179/14           |                    |                     | 1.816/4              |
| 17                | 54.92 | 4          | 1.6703           |                     | 1.69/2             |                     |                      |
| 18                | 59.97 | 4          | 1.5411           | 1.5418/9            |                    | 1.518/15            |                      |
| 19                | 63.62 | 2          | 1.4612           |                     |                    |                     | 1.469/4              |
| 20                | 68.32 | 4          | 1.3718           | 1.3718/8            |                    |                     |                      |





شكل رقم (١٢) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٤) من القسطاط

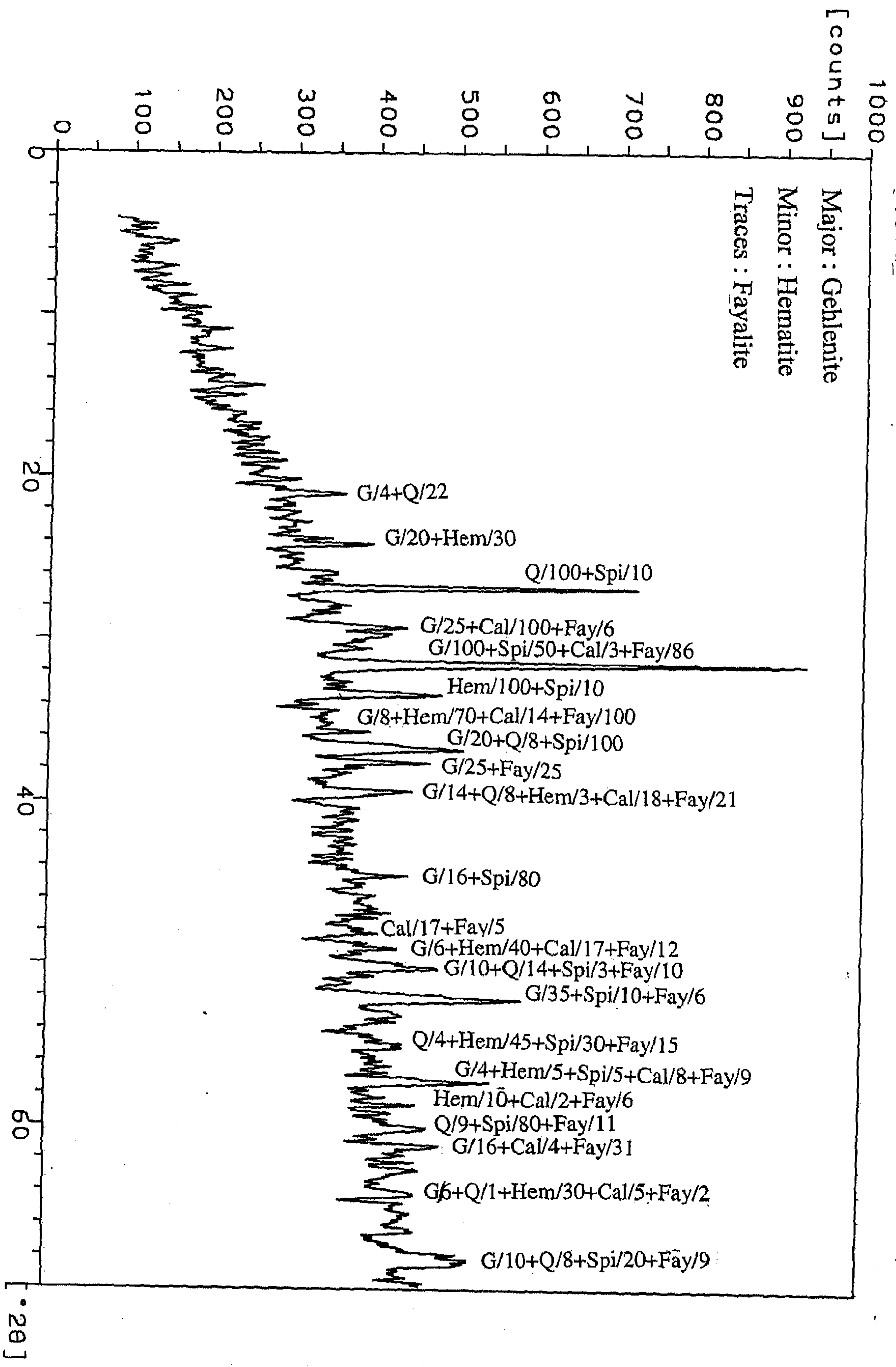


جدول رقم (٩) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة (٥) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals  |                   |                     |                   |                    |                     |
|-------------------|-------|------------|------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
|                   |       |            |                  | 20-0199<br>Gehlenite | 33-1161<br>Quartz | 33-0664<br>Hematite | 03-0901<br>Spinel | 05-0586<br>Calcite | 34-0178<br>Fayalite |
| 1                 | 21.02 | 23         | 4.2229           | 4.22/4               | 4.257/22          |                     |                   |                    |                     |
| 2                 | 24.12 | 27         | 3.6867           | 3.71/20              |                   | 3.684/30            |                   |                    |                     |
| 3                 | 26.80 | 87         | 3.3232           |                      | 3.342/100         |                     | 3.35/10           |                    |                     |
| 4                 | 29.19 | 23         | 3.0569           | 3.07/25              |                   |                     |                   | 3.035/100          | 3.064/6             |
| 5                 | 31.48 | 100        | 2.8395           | 2.85/100             |                   |                     | 2.83/50           | 2.845/3            | 2.829/86            |
| 6                 | 33.39 | 33         | 2.6813           |                      |                   | 2.7/100             | 2.71/10           |                    |                     |
| 7                 | 35.67 | 18         | 2.5150           | 2.535/8              |                   | 2.519/70            |                   | 2.495/14           | 2.5/100             |
| 8                 | 36.78 | 27         | 2.4413           | 2.435/20             | 2.457/8           |                     | 2.43/100          |                    |                     |
| 9                 | 37.59 | 22         | 2.3908           | 2.404/25             |                   |                     |                   |                    | 2.407/25            |
| 10                | 39.31 | 17         | 2.2901           | 2.292/14             | 2.282/8           | 2.292/3             |                   | 2.285/18           | 2.30/21             |
| 11                | 44.56 | 10         | 2.0315           | 2.043/16             |                   |                     | 2.02/80           |                    |                     |
| 12                | 48.07 | 5          | 1.8910           |                      |                   |                     |                   | 1.913/17           | 1.922/5             |
| 13                | 48.94 | 5          | 1.8596           | 1.864/6              |                   | 1.8406/40           |                   | 1.875/17           | 1.8418/12           |
| 14                | 50.15 | 14         | 1.8142           | 1.812/10             | 1.8179/14         |                     | 1.82/3            |                    | 1.8327/10           |
| 15                | 52.21 | 21         | 1.7506           | 1.754/35             |                   |                     | 1.73/10           |                    | 1.7624/6            |
| 16                | 54.85 | 5          | 1.6724           |                      | 1.6718/4          | 1.6941/45           | 1.65/30           |                    | 1.6789/15           |
| 17                | 57.29 | 17         | 1.6068           | 1.616/4              |                   | 1.6033/5            | 1.59/5            | 1.604/8            | 1.6044/9            |
| 18                | 58.69 | 10         | 1.5717           |                      |                   | 1.5992/10           |                   | 1.587/2            | 1.5885/6            |
| 19                | 60.19 | 7          | 1.5362           |                      | 1.5418/9          |                     | 1.55/80           |                    | 1.5367/11           |
| 20                | 61.23 | 7          | 1.5125           | 1.519/16             |                   |                     |                   | 1.518/4            | 1.5151/31           |
| 21                | 64.19 | 4          | 1.4496           | 1.437/6              | 1.4536/1          | 1.4538/30           |                   | 1.44/5             | 1.4383/2            |
| 22                | 68.21 | 7          | 1.3739           | 1.375/10             | 1.3718/8          |                     | 1.37/20           |                    | 1.3719/9            |







شكل رقم (١) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٥) من القسطاط

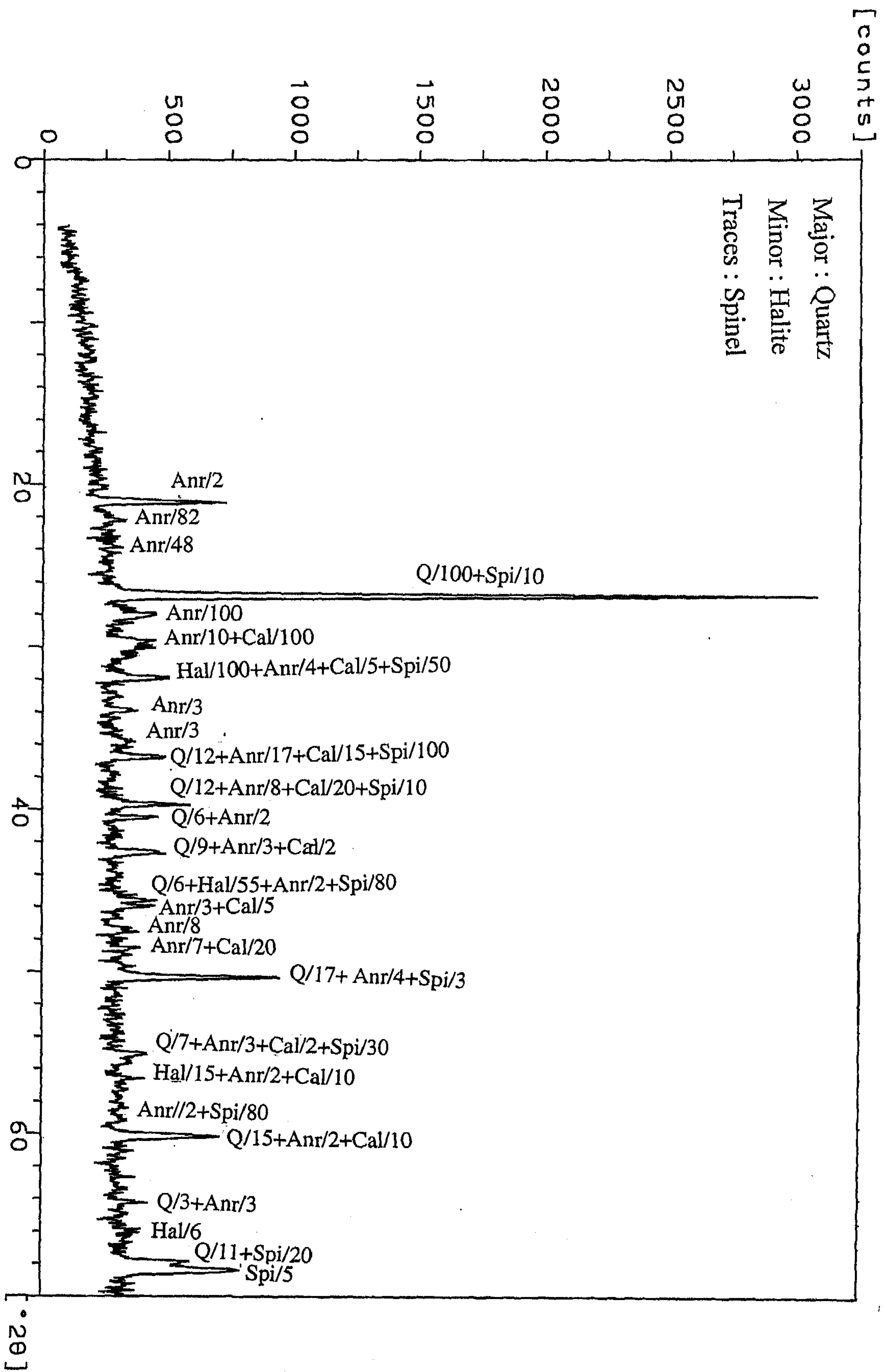


جدول رقم (١٠) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة

حيود الأشعة السينية لعينة (٦) من الفسفاط

| No.<br>Of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                   |                      |                    |                   |
|-------------------|-------|------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
|                   |       |            |                  | 05-0490<br>Quartz   | 05-0628<br>Halite | 20-0305<br>Anorthite | 29-0305<br>Calcite | 03-0901<br>Spinel |
| 1                 | 20.12 | 2          | 4.3946           |                     |                   | 4.361/2              |                    |                   |
| 2                 | 22.19 | 4          | 4.0019           |                     |                   | 4.041/82             |                    |                   |
| 3                 | 23.84 | 2          | 3.7293           |                     |                   | 3.761/48             |                    |                   |
| 4                 | 26.88 | 100        | 3.314            | 3.343/100           |                   |                      | 3.35/10            |                   |
| 5                 | 28.01 | 7          | 3.1823           |                     |                   | 3.197/100            |                    |                   |
| 6                 | 29.66 | 6          | 3.0090           |                     |                   | 3.036/10             | 2.998/100          |                   |
| 7                 | 31.90 | 8          | 2.8020           |                     | 2.821/100         | 2.813/4              | 2.798/5            | 2.83/50           |
| 8                 | 33.89 | 3          | 2.0425           |                     |                   | 2.649/3              |                    |                   |
| 9                 | 35.14 | 2          | 2.5517           |                     |                   | 2.554/3              |                    |                   |
| 10                | 35.76 | 3          | 2.5089           |                     |                   | 2.5010/10            |                    |                   |
| 11                | 36.79 | 6          | 2.4406           | 2.458/12            |                   | 2.459/17             | 2.47/15            | 2.43/100          |
| 12                | 39.69 | 8          | 2.2690           | 2.282/12            |                   | 2.264/8              | 2.264/20           | 2.25/10           |
| 13                | 40.49 | 5          | 2.2260           | 2.237/6             |                   | 2.224/2              |                    |                   |
| 14                | 42.65 | 5          | 2.1179           | 2.128/9             |                   | 2.118/3              | 2.113/2            |                   |
| 15                | 45.62 | 4          | 1.9869           | 1.98/6              | 1.994/55          | 1.984/2              |                    | 2.02/80           |
| 16                | 46.00 | 3          | 1.9712           |                     |                   | 1.968/3              | 1.954/5            |                   |
| 17                | 47.45 | 1          | 1.9143           |                     |                   | 1.927/8              |                    |                   |
| 18                | 48.59 | 1          | 1.8722           |                     |                   | 1.88/7               | 1.886/20           |                   |
| 19                | 50.35 | 13         | 1.8106           | 1.817/17            |                   | 1.816/4              |                    | 1.82/3            |
| 20                | 55.07 | 2          | 1.6661           | 1.672/7             |                   | 1.652/3              | 1.69/2             | 1.65/30           |
| 21                | 56.58 | 1          | 1.6252           |                     | 1.628/15          | 1.627/2              | 1.604/10           |                   |
| 22                | 59.13 | 1          | 1.5611           |                     |                   | 1.564/2              |                    | 1.55/80           |
| 23                | 60.14 | 7          | 1.5372           | 1.541/15            |                   | 1.536/2              | 1.518/10           |                   |
| 24                | 64.21 | 2          | 1.4492           | 1.453/3             |                   | 1.448/3              |                    |                   |
| 25                | 66.20 | 1          | 1.4105           |                     | 1.41/6            |                      |                    |                   |
| 26                | 67.86 | 4          | 1.3799           | 1.375/11            |                   |                      |                    | 1.37/20           |
| 27                | 68.48 | 7          | 1.3690           |                     |                   |                      |                    | 1.35/5            |





شكل رقم (١٥) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٦) من المساط



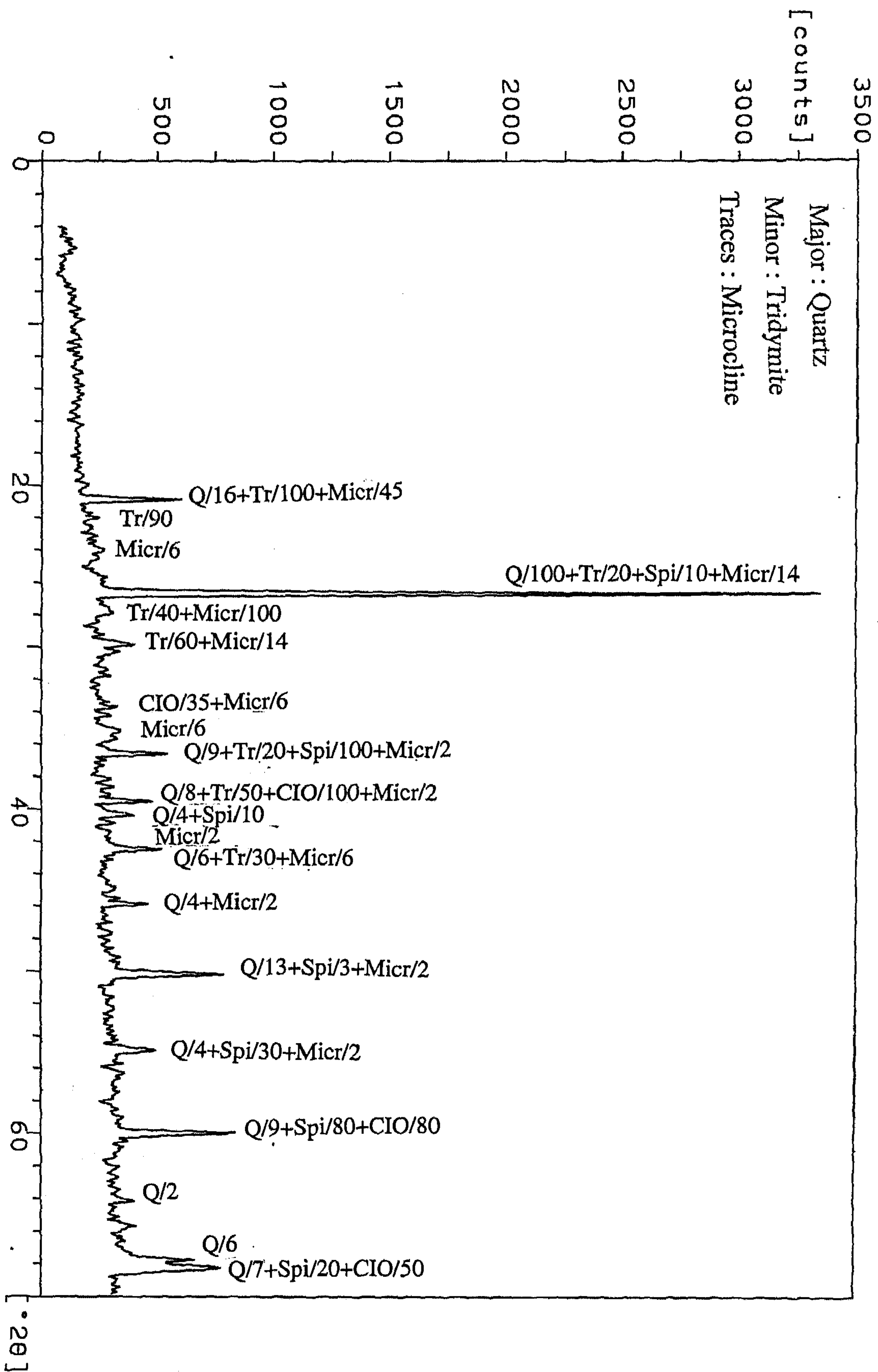
جدول رقم (١١) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة  
حيود الأشعة السينية لعينة (٧) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                     |                       |                                     |                       |
|-------------------|-------|------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|
|                   |       |            |                  | 46-1045<br>Quartz   | 14-260<br>Tridymite | 03-<br>0901<br>Spinel | 66-0602<br>Calcium<br>Iron<br>oxide | 19-0932<br>Microcline |
| 1                 | 20.89 | 16         | 4.255/16         | 4.255/16            | 4.27/100            |                       |                                     | 4.22/45               |
| 2                 | 21.94 | 1          | 4.0469           |                     | 4.07/90             |                       |                                     |                       |
| 3                 | 24.23 | 2          | 3.6695           |                     |                     |                       |                                     | 3.63/6                |
| 4                 | 26.70 | 100        | 3.3360           | 3.3435/100          | 3.34/20             | 3.35/10               |                                     | 3.33/14               |
| 5                 | 27.85 | 2          | 3.2008           |                     | 3.23/40             |                       |                                     | 3.24/100              |
| 6                 | 29.88 | 4          | 2.9873           |                     | 2.95/60             |                       |                                     | 2.974/14              |
| 7                 | 34.26 | 2          | 2.6152           |                     |                     |                       | 2.59/35                             | 2.608/6               |
| 8                 | 35.12 | 2          | 2.5531           |                     |                     |                       |                                     | 2.5560/6              |
| 9                 | 36.59 | 7          | 2.4569           | 2.4569/9            | 2.45/20             | 243/10<br>0           |                                     | 2.423/2               |
| 10                | 39.53 | 4          | 2.2776           | 2.2815/8            | 2.30/50             |                       | 2.243/100                           | 2.277/2               |
| 11                | 40.38 | 2          | 2.2318           | 2.2361/4            |                     | 2.25/10               |                                     |                       |
| 12                | 40.88 | 1          | 2.2054           |                     |                     |                       |                                     | 2.207/2               |
| 13                | 42.49 | 4          | 2.1258           | 2.1277/6            | 2.12/30             |                       |                                     | 2.111/6               |
| 14                | 45.89 | 3          | 1.9759           | 1.9799/4            |                     |                       |                                     | 1.978/2               |
| 15                | 50.18 | 8          | 1.8164           | 1.818/13            |                     | 1.82/3                |                                     | 1.817/2               |
| 16                | 54.88 | 3          | 1.6717           | 1.6717/4            |                     | 1.65/30               |                                     | 1.665/2               |
| 17                | 59.97 | 7          | 1.5411           | 1.5415/7            |                     | 1.55/80               | 1.589/80                            |                       |
| 18                | 64.12 | 1          | 1.4512           | 1.4929/2            |                     |                       |                                     |                       |
| 19                | 67.76 | 5          | 1.3818           | 1.3821/6            |                     |                       |                                     |                       |
| 20                | 68.37 | 5          | 1.3709           | 1.3750/7            |                     | 1.37/20               | 1.35/50                             |                       |





شكل رقم (٦) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٧) من القسطل

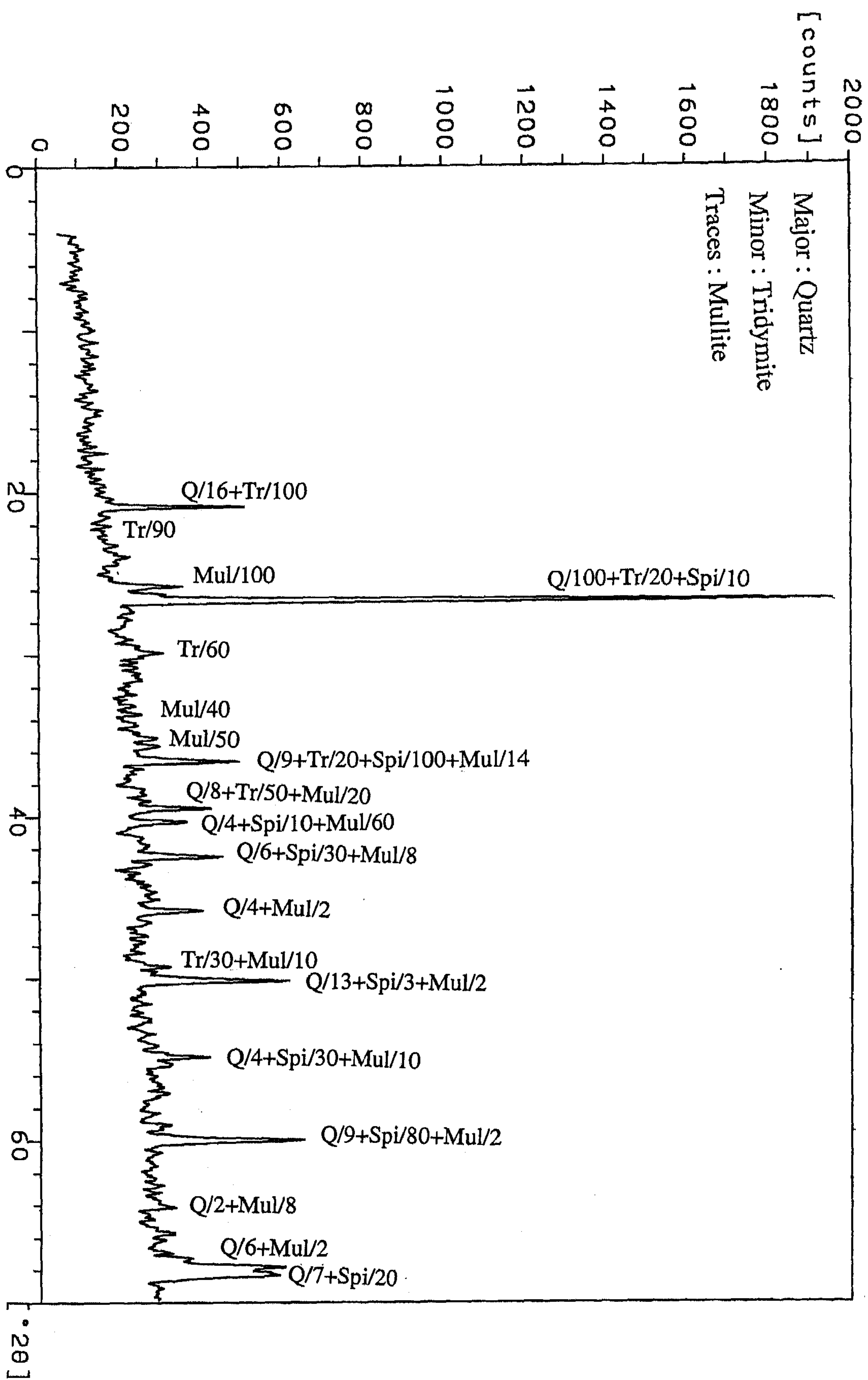




جدول رقم (١٢) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة (٨) من القسطاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2 $\theta$ | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                     |                   |                    |
|-------------------|------------|------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
|                   |            |            |                  | 46-1045<br>Quartz   | 14-260<br>Tridymite | 03-0901<br>Spinel | 15-0776<br>Mullite |
| 1                 | 20.87      | 30         | 4.2529           | 4.255/16            | 4.27/100            |                   |                    |
| 2                 | 22.03      | 2          | 4.0306           |                     | 4.07/90             |                   |                    |
| 3                 | 25.76      | 9          | 3.4549           |                     |                     |                   | 3.39/100           |
| 4                 | 26.66      | 100        | 3.3409           | 3.3435/100          | 3.35/10             |                   |                    |
| 5                 | 29.88      | 5          | 2.9873           |                     | 2.95/60             |                   |                    |
| 6                 | 33.66      | 2          | 2.6600           |                     |                     |                   | 2.694/40           |
| 7                 | 35.32      | 2          | 2.5391           |                     |                     |                   | 2.542/50           |
| 8                 | 36.58      | 12         | 2.4545           | 2.4509/9            | 2.45/20             | 2.43/100          | 2.428/14           |
| 9                 | 39.45      | 9          | 2.2820           | 2.2815/8            | 2.30/50             |                   | 2.428/14           |
| 10                | 40.30      | 6          | 2.2358           | 2.2361/4            |                     | 2.25/10           | 2.206/60           |
| 11                | 42.49      | 7          | 2.1255           | 2.12771/6           | 2.12/30             |                   | 2.106/8            |
| 12                | 45.80      | 5          | 1.9793           | 1.9799/4            |                     |                   | 1.969/2            |
| 13                | 49.29      | 3          | 1.8470           |                     | 1.87/30             |                   | 1.841/10           |
| 14                | 50.16      | 11         | 1.8170           | 1.8180/13           |                     | 1.82/3            | 1.7954/2           |
| 15                | 54.86      | 5          | 1.6720           | 1.6717/4            |                     | 1.65/30           | 1.694/10           |
| 16                | 59.95      | 10         | 1.5417           | 1.5415/9            |                     | 1.55/80           | 1.5461/2           |
| 17                | 64.05      | 1          | 1.4525           | 1.4529/2            |                     | 1.47/1            | 1.4421/18          |
| 18                | 65.77      | 1          | 1.4186           | 1.4184/1            |                     |                   | 1.4046/8           |
| 19                | 67.76      | 7          | 1.3821/6         |                     |                     |                   | 1.3932/2           |
| 20                | 68.35      | 6          | 1.3712           | 1.3750/7            |                     | 1.37/20           |                    |





شكل رقم (١٧) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٨) من القسطاط

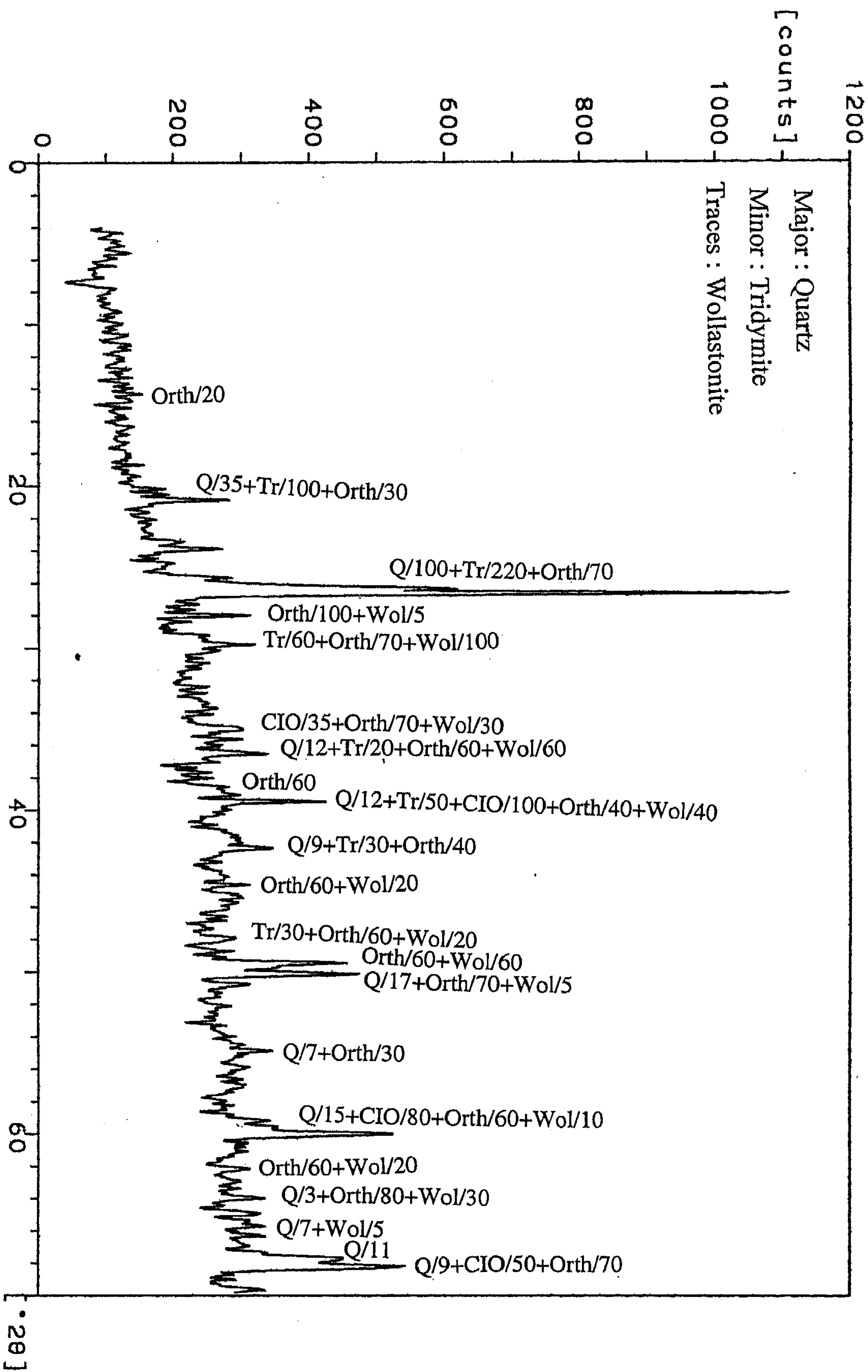


جدول رقم (١٣) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة (٩) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                     |                                  |                       |                         |
|-------------------|-------|------------|------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
|                   |       |            |                  | 05-0490<br>Quartz   | 14-260<br>Tridymite | 06-0602<br>Calcium Iron<br>Oxide | 09-0462<br>Orthoclase | 10-0487<br>Wollastonite |
| 1                 | 15.16 | 3          | 5.394            |                     |                     |                                  | 5.86/20               |                         |
| 2                 | 20.85 | 18         | 4.2559           | 4.26/35             | 4.27/100            |                                  | 4.25/30               |                         |
| 3                 | 26.66 | 100        | 3.3409           | 3.343/100           | 3.34/20             |                                  | 3.33/70               | 3.31/80                 |
| 4                 | 27.99 | 13         | 3.1851           |                     |                     |                                  | 3.18/100              | 3.16/5                  |
| 5                 | 29.79 | 9          | 2.9966           |                     | 2.95/60             |                                  | 3.00/70               | 2.97/100                |
| 6                 | 34.95 | 5          | 2.5648           |                     |                     | 2.59/35                          | 2.53/70               | 2.55/30                 |
| 7                 | 36.49 | 8          | 2.4603           | 2.458/12            | 2.45/20             |                                  | 2.47/60               | 2.47/60                 |
| 8                 | 37.67 | 3          | 2.3856           |                     |                     |                                  | 2.39/60               |                         |
| 9                 | 39.46 | 14         | 2.2814           | 2.282/12            | 2.30/50             | 2.243/100                        | 2.29/40               | 2.29/40                 |
| 10                | 42.34 | 7          | 2.1327           | 2.128/9             | 2.12/30             |                                  | 2.13/40               |                         |
| 11                | 44.61 | 41         | 2.0295           |                     |                     |                                  | 1.99/60               | 2.01/20                 |
| 12                | 47.99 | 2          | 1.8942           |                     | 1.87/30             |                                  | 1.91/60               | 1.88/20                 |
| 13                | 49.44 | 10         | 1.8420           |                     |                     |                                  | 1.86/60               | 1.83/60                 |
| 14                | 50.15 | 11         | 1.8175           | 1.817/17            |                     |                                  | 1.82/70               | 1.80/5                  |
| 15                | 54.83 | 2          | 1.6728           | 1.672/7             |                     |                                  | 1.69/30               |                         |
| 16                | 59.94 | 12         | 1.5418           | 1.541/15            |                     | 1.589/80                         | 1.53/60               | 1.531/10                |
| 17                | 62.17 | 2          | 1.4918           |                     |                     |                                  | 1.49/60               | 1.478/20                |
| 18                | 63.99 | 3          | 1.4537           | 1.453/3             |                     |                                  | 1.45/80               | 1.455/30                |
| 19                | 67.66 | 6          | 1.3836           | 1.382/7             |                     |                                  |                       | 1.387/5                 |
| 20                | 68.32 | 7          | 1.3717           | 1.3720/9            |                     | 1.354/50                         | 1.37/70               |                         |







شكل رقم (١٨) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٩) من القسطاط



- العينة (١٠) تحتوي هذه العينة علي الأورثوكليز  $KAlSi_3O_8$  يتواجد بنسبة ٨٢,٧% و السبينيل  $Mg Al_2O_4$  يتواجد بنسبة ٦,٤% وسيليكات الماغسيوم  $Mg (SiO_4)_4 (OH)_2$  يتواجد بنسبة ٦,١% و الأنورثيت Calcium Sodium Aluminum silicate يتواجد بنسبة ٤,٧% . ويتضح ذلك في شكل رقم (١٩) وجدول رقم (١٤) .

- العينة (١١) تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $SiO_2$  يتواجد بنسبة ٧٣,١% واللابرادوريت يتواجد بنسبة ٢٣,٥% الهيماتيت  $Fe_2O_3$  يتواجد بنسبة ٣,٣% . ويتضح ذلك في شكل رقم (٢٠) وجدول رقم (١٥) .

- العينة رقم (١٢) تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $SiO_2$  تواجد بنسبة ٧٨,١% والسبينيل  $Mg Al_2 O_4$  يتواجد بنسبة ٧,٥% وأكسيد الحديد والكالسيوم  $CaO: 2FeO$  يتواجد بنسبة ٥,٦% والبلوستيت  $FeO$  يتواجد بنسبة ٤,٣% و الأورثوكليز  $KAL Si_3 O_8$  يتواجد بنسبة ٤,٣% . ويتضح ذلك في شكل رقم (٢١) وجدول رقم (١٦)

- العينة (١٣) تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $SiO_2$  يتواجد بنسبة ٦٨,٣% ، التريديميت  $SiO_2$  يتواجد بنسبة ١٢,٥% ، الكالسيت  $CaCO_3$  يتواجد بنسبة ١٠,٧% ، الفياليت  $Fe_2 SiO_4$  يتواجد بنسبة ٤,٣% و البلوستيت  $FeO$  يتواجد بنسبة ٤,١% . ويتضح ذلك في شكل رقم (٢٢) وجدول رقم (١٧)

- العينة رقم (١٤) تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $SiO_2$  يتواجد بنسبة ٧١% ، التريديميت  $SiO_2$  يتواجد بنسبة ٢١% ، البلوستيت  $FeO$  يتواجد بنسبة ٤% والأنورثيت Calcium Sodium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ٣,٦% ويتضح ذلك في شكل رقم (٢٣) وجدول رقم (١٨)

**نتائج تحليل المجموعه الثانيه (المتحف الاسلامي بكلية الآثار) بطريقة حيود الأشعه السينيه**

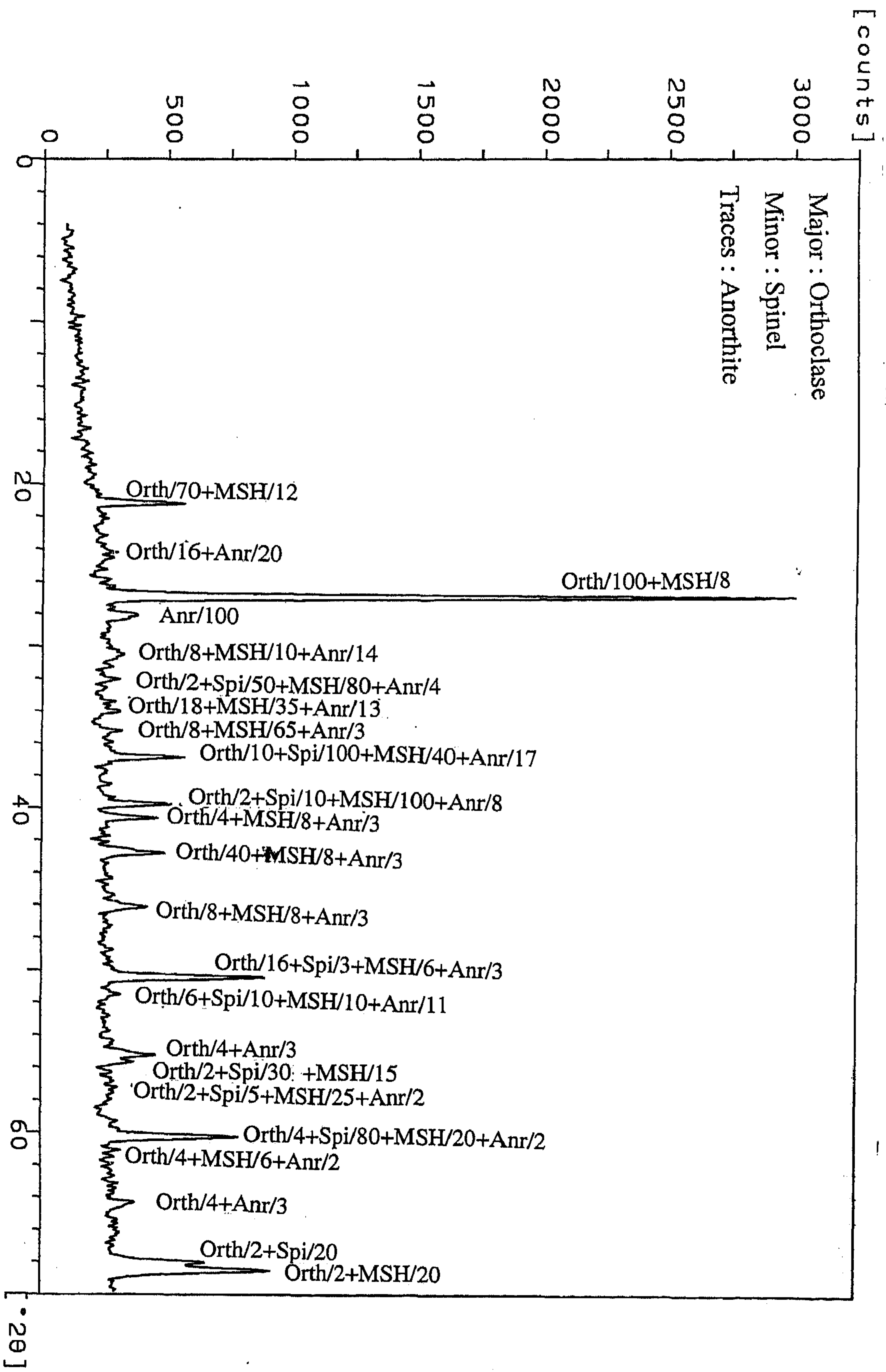
- عينة من القطعة رقم (٢) تحتوي هذه العينة علي سيليكات الحديد واليوتاسيوم  $KFeSi_3O_8$  يتواجد بنسبة ٧٥,٤% و التريديميت  $SiO_2$  و يتواجد بنسبة ١٤,٥% و الولاستونيت  $CaSiO_3$  يتواجد بنسبة ٩,٩% . ويتضح ذلك في شكل رقم (٢٤) وجدول رقم (١٩) .



جدول رقم (١٤) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة (١٠) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ     | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals   |                   |                |                      |
|-------------------|--------|------------|------------------|-----------------------|-------------------|----------------|----------------------|
|                   |        |            |                  | 31-0966<br>Orthoclase | 03-0901<br>Spinel | 31-0809<br>MSH | 20-0528<br>Anorthite |
| 1                 | 21.20  | 17         | 4.1864           | 4.22/70               |                   | 4.189/2        |                      |
| 2                 | 24.63  | 2          | 3.6108           | 3.61/16               |                   |                | 3.631/20             |
| 3                 | 27.00  | 100        | 3.2990           | 3.31/100              |                   | 3.262/8        |                      |
| 4                 | 28.14  | 6          | 3.1685           |                       |                   |                | 3.197/100            |
| 5                 | 30.44  | 3          | 2.9341           | 2.93/8                |                   | 3.93/10        | 2.938/14             |
| 6                 | 32.02  | 3          | 2.7924           | 2.783/2               | 2.83/50           | 2.775/80       | 2.813/4              |
| 7                 | 34.06  | 4          | 2.6297           | 2.601/18              |                   | 2.616/35       | 2.649/3              |
| 8                 | 35.28  | 2          | 2.5415           | 2.553/8               |                   | 2.553/65       | 2.554/3              |
| 9                 | 36.86  | 8          | 2.4365           | 2.415/10              | 2.43/100          | 2.4/9/40       | 2.459/17             |
| 10                | 39.78  | 7          | 2.2638           | 2.263/2               | 2.25/10           | 2.269/100      | 2.264/8              |
| 11                | 40.67  | 6          | 2.2166           | 2.2/4                 |                   | 2.215/8        | 2.224/2              |
| 12                | 42.81  | 6          | 2.1104           | 2.113/46              |                   | 2.091/8        | 2.118/3              |
| 13                | 46.15  | 4          | 1.9653           | 1.971/8               |                   | 1.9501/8       | 1.968/3              |
| 14                | 50.44  | 12         | 1.8076           | 1.8010/16             | 1.82/3            | 1.8087/6       | 1.8090/3             |
| 15                | 51.46  | 1          | 1.7741           | 1.77/6                | 1.73/10           | 1.7804/10      | 1.77/11              |
| 16                | 55.27  | 4          | 1.6605           | 1.675/4               |                   |                | 1.652/3              |
| 17                | 55.68  | 2          | 1.6493           | 1.643/2               | 1.65/30           | 1.6348/15      |                      |
| 18                | 257.23 | 1          | 1.6082           | 1.605/2               | 1.59/5            | 1.6223/25      | 1.6040/2             |
| 19                | 60.260 | 9          | 1.5345           | 1.5310/4              | 1.55/80           | 1.5377/20      | 1.5360/2             |
| 20                | 61.08  | 1          | 1.5159           | 1.512/4               |                   | 1.5136/6       | 1.5110/2             |
| 21                | 64.28  | 2          | 1.4479           | 1.4480/4              |                   |                | 1.4481/3             |
| 22                | 67.97  | 6          | 1.3780           | 1.378/2               | 1.37/20           |                |                      |
| 23                | 68.55  | 9          | 1.3677           | 1.363/2               |                   | 1.35/20        |                      |





شكل رقم (٩) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٠) من القساطر

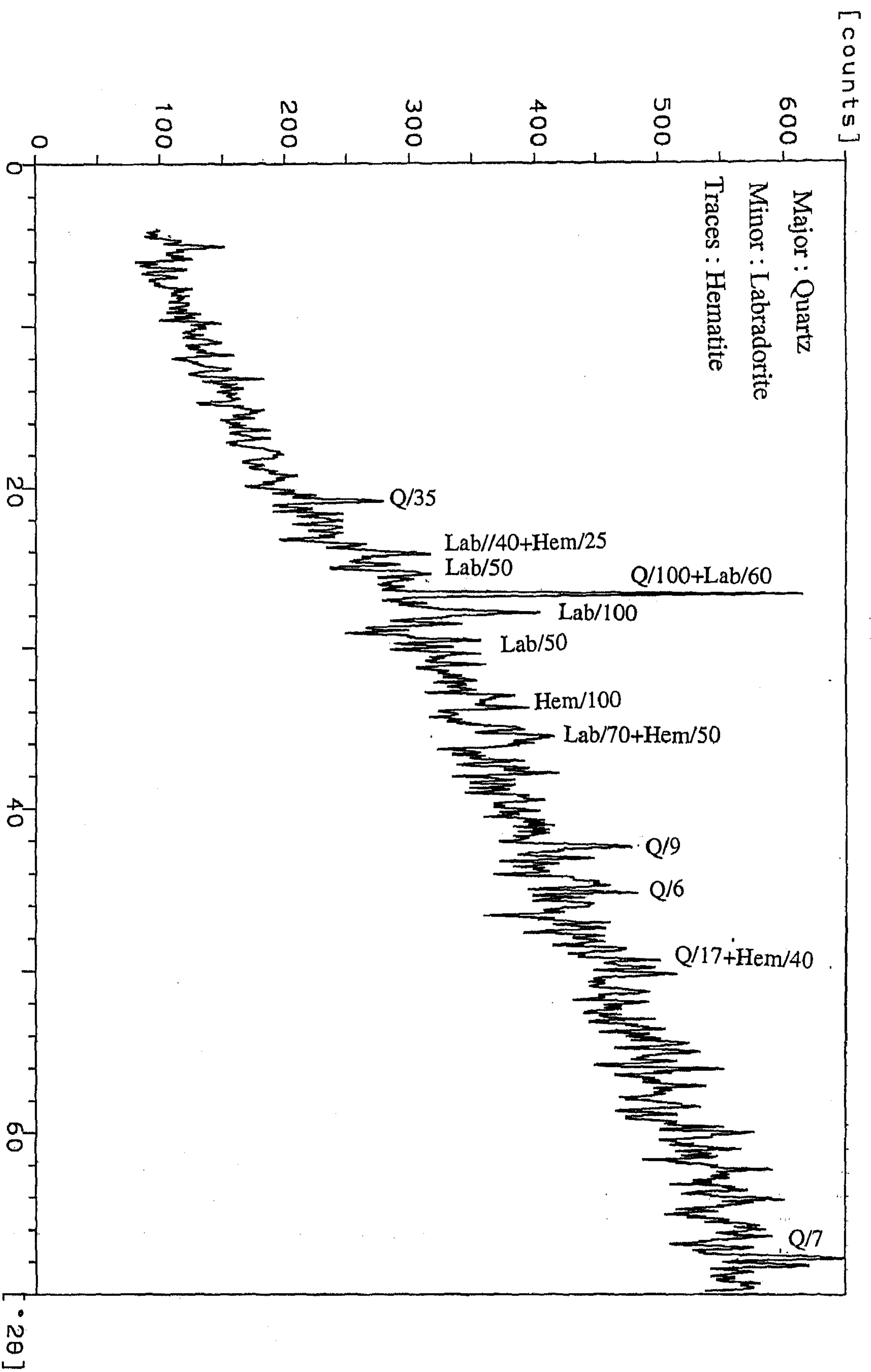




جدول رقم (١٥) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١١) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                       |                     |
|-------------------|-------|------------|------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                   |       |            |                  | 05-0490<br>Quartz   | 10-360<br>Labradorite | 33-0664<br>Hematite |
| 1                 | 20.87 | 27         | 4.2529           | 4.26135             |                       |                     |
| 2                 | 24.08 | 21         | 3.6927           |                     | 3.69/40               | 3.66/25             |
| 3                 | 25.39 | 15         | 3.5051           |                     | 3.46/50               |                     |
| 4                 | 26.67 | 100        | 3.3391           | 3.343/100           | 3.36/60               |                     |
| 5                 | 27.85 | 32         | 3.2003           |                     | 3.20/100              |                     |
| 6                 | 29.55 | 19         | 3.0204           |                     | 3.02/50               |                     |
| 7                 | 33.41 | 5          | 2.6794           |                     |                       | 2.69/100            |
| 8                 | 35.50 | 12         | 2.5263           |                     | 2.51/70               | 2.51/50             |
| 9                 | 42.35 | 16         | 2.1325           | 2.128/9             |                       |                     |
| 10                | 45.17 | 15         | 2.0054           | 1.98/6              |                       |                     |
| 11                | 50.11 | 5          | 1.8187           | 1.817/17            |                       | 1.838/40            |
| 12                | 67.76 | 12         | 1.3817           | 1.382/7             |                       |                     |





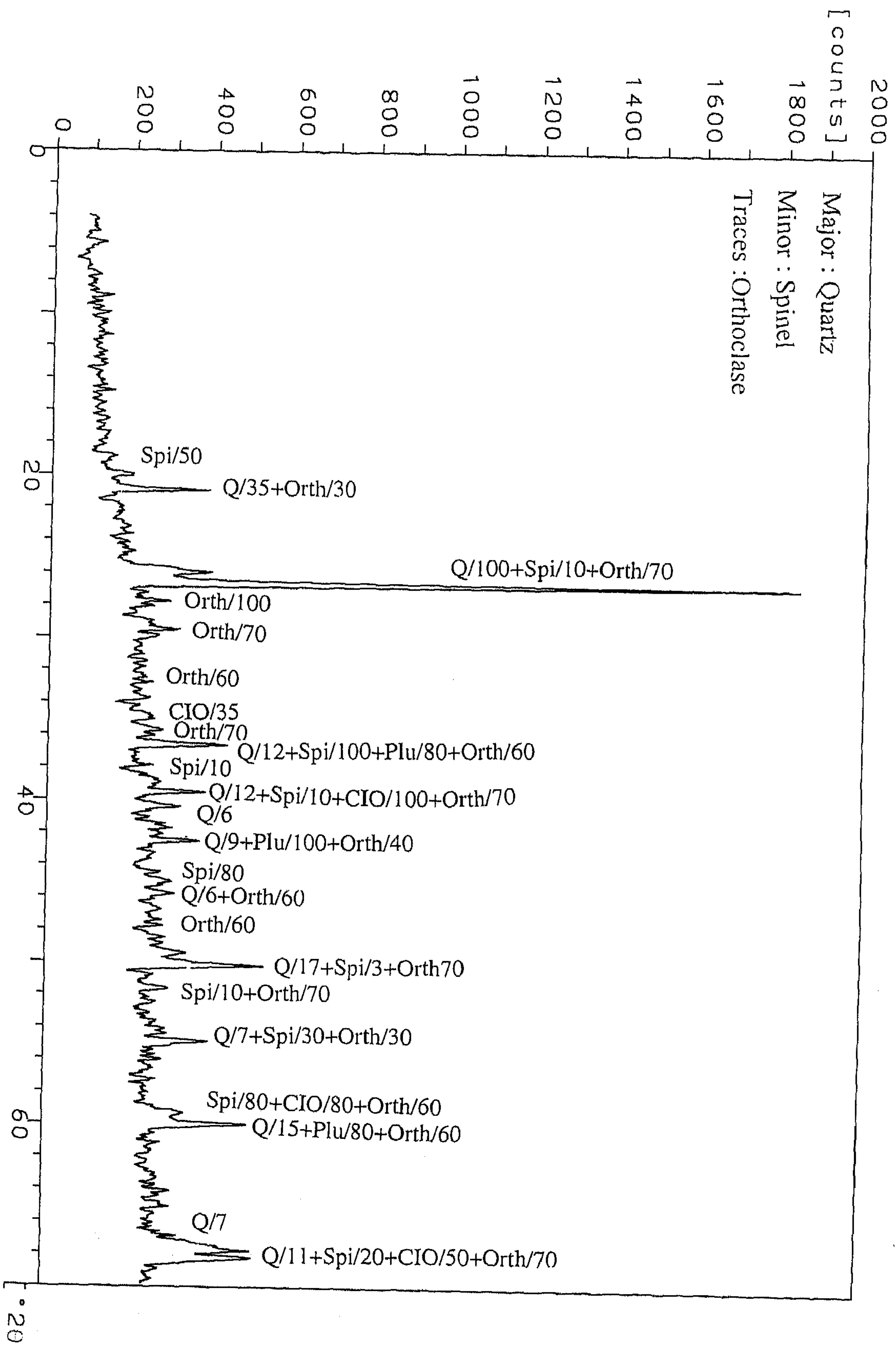
شكل رقم (٢٠) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١١) من القسطاط



جدول رقم (١٦) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة (١٢) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                   |                                  |                     |                       |
|-------------------|-------|------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|
|                   |       |            |                  | 05-0490<br>Quartz   | 03-0901<br>Spinel | 06-0602<br>Calcium Iron<br>oxide | 46-1312<br>Plustite | 09-0462<br>Orthoclase |
| 1                 | 18.89 | 3          | 4.6940           |                     | 4.68/50           |                                  |                     |                       |
| 2                 | 20.92 | 22         | 4.2428           | 4.26/35             |                   |                                  |                     | 4.25/30               |
| 3                 | 26.71 | 100        | 3.3342           | 3.343/100           | 3.35/10           |                                  |                     | 3.33/70               |
| 4                 | 27.77 | 5          | 3.2099           |                     |                   |                                  |                     | 3.18/100              |
| 5                 | 29.44 | 4          | 3.0310           |                     |                   |                                  |                     | 3.00/70               |
| 6                 | 33.72 | 2          | 2.6558           |                     |                   |                                  |                     | 2.65/60               |
| 7                 | 34.86 | 2          | 2.5712           |                     |                   | 2.59/35                          |                     |                       |
| 8                 | 35.62 | 3          | 2.5/84           |                     |                   |                                  |                     | 2.53/70               |
| 9                 | 36.62 | 10         | 2.4516           | 2.458/12            | 2.43/100          |                                  | 2.47/80             | 2.47/60               |
| 10                | 38.82 | 2          | 2.3178           |                     | 2.34/10           |                                  |                     |                       |
| 11                | 39.49 | 7          | 2.2798           | 2.282/12            | 2.25/10           | 2.243/100                        |                     | 2.29/70               |
| 12                | 40.42 | 4          | 2.2297           | 2.237/6             |                   |                                  |                     |                       |
| 13                | 42.51 | 6          | 2.128/9          | 2.128/9             |                   |                                  | 2.14/100            | 2.13/40               |
| 14                | 45.04 | 3          | 2.0111           |                     | 2.02/80           |                                  |                     |                       |
| 15                | 45.76 | 3          | 1.9812           | 1.98/6              |                   |                                  |                     | 1.99/60               |
| 16                | 47.77 | 2          | 1.9022           |                     |                   |                                  |                     | 1.91/60               |
| 17                | 50.20 | 9          | 1.8157           | 1.817/17            | 1.82/3            |                                  |                     | 1.82/70               |
| 18                | 51.68 | 2          | 1.7671           |                     | 1.73/10           |                                  |                     | 1.77/70               |
| 19                | 54.89 | 5          | 1.6713           | 1.572/7             | 1.65/30           |                                  |                     | 1.69/30               |
| 20                | 59.28 | 3          | 1.5574           |                     | 1.55/80           | 1.589/80                         |                     | 1.57/60               |
| 21                | 59.99 | 7          | 1.5407           | 1.541/15            |                   |                                  | 1.514/80            | 1.53/60               |
| 22                | 67.82 | 6          | 1.3807           | 1.382/7             |                   |                                  |                     |                       |
| 23                | 68.21 | 6          | 1.3738           | 1.375/11            | 1.37/20           | 1.354/50                         |                     | 1.37/70               |





شكل رقم (٢١) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٢) من المسحاط



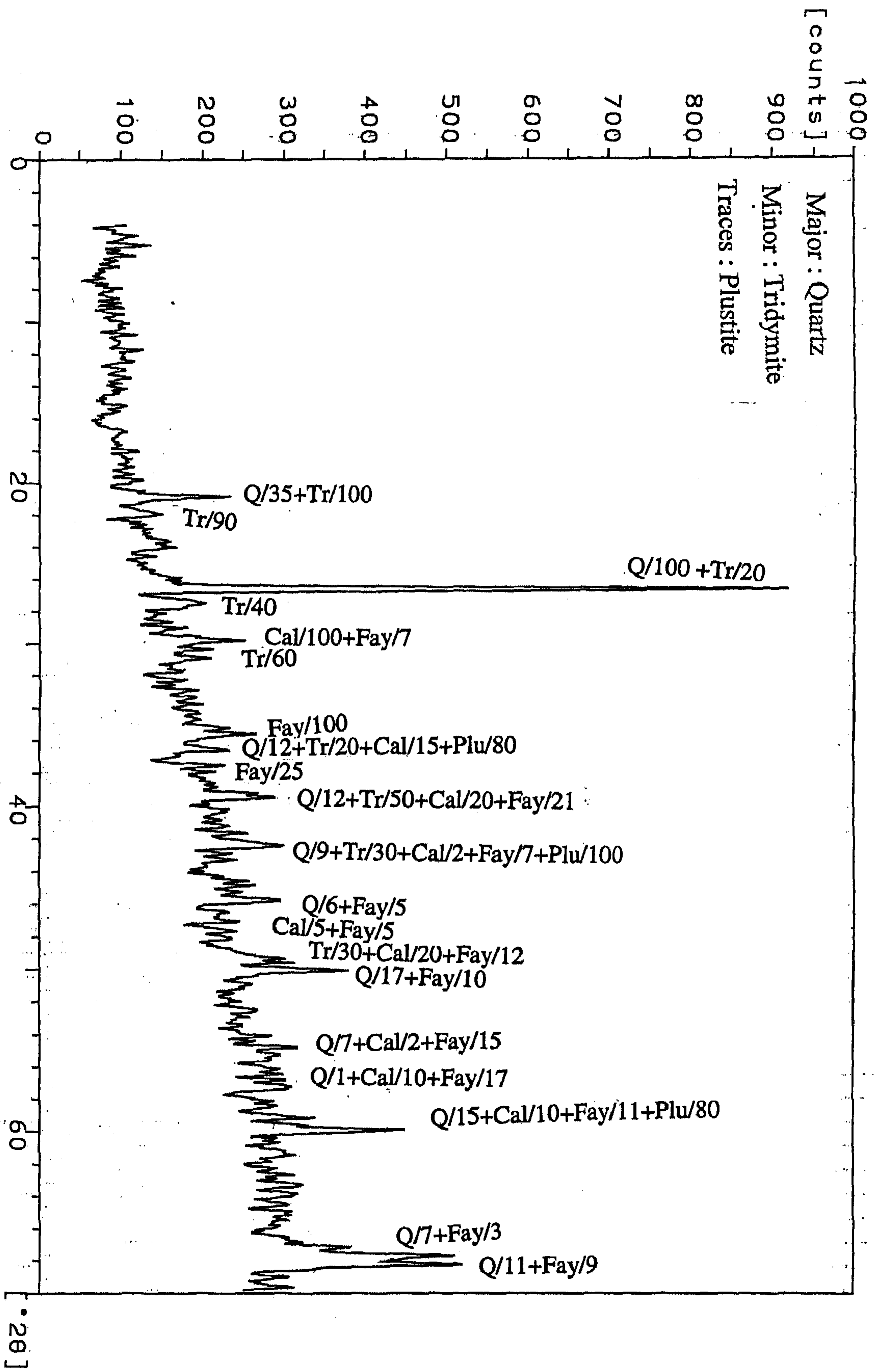


جدول رقم (١٧) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود

الأشعة السينية لعينة (١٣) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                     |                    |                     |                     |
|-------------------|-------|------------|------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|                   |       |            |                  | 05-0490<br>Quartz   | 14-260<br>Tridymite | 29-0305<br>Calcite | 34-0178<br>Fayalite | 46-1312<br>Plustite |
| 1                 | 20.83 | 18         | 4.26/35          | 4.26/35             | 4.27/100            |                    |                     |                     |
| 2                 | 21.90 | 7          | 4.0542           |                     | 4.07/90             |                    |                     |                     |
| 3                 | 26.63 | 100        | 3.3446           | 3.343/100           | 3.34/20             |                    |                     |                     |
| 4                 | 27.59 | 7          | 3.2298           |                     | 3.23/40             |                    |                     |                     |
| 5                 | 29.79 | 16         | 3.0041           |                     |                     | 2.998/100          | 3.046/7             |                     |
| 6                 | 30.33 | 11         | 2.95/8           |                     | 2.95/60             |                    |                     |                     |
| 7                 | 35.60 | 6          | 2.5257           |                     |                     |                    | 2.5/100             |                     |
| 8                 | 36.56 | 5          | 2.4616           | 2.458/12            | 2.45/20             | 2.47/15            |                     | 2.47/80             |
| 9                 | 37.48 | 4          | 2.4035           |                     |                     |                    | 2.407/25            |                     |
| 10                | 39.44 | 10         | 2.2885           | 2.282/12            | 2.30/50             | 2.264/20           | 2.3030/21           |                     |
| 11                | 42.47 | 6          | 2.1318           | 2.128/9             | 2.12/30             | 2.113/2            | 2.1532/7            | 2.14/100            |
| 12                | 45.75 | 6          | 1.9865           | 1.98/6              |                     |                    | 1.9855/5            |                     |
| 13                | 47.06 | 3          | 1.9342           |                     |                     | 1.954/5            | 1.922/5             |                     |
| 14                | 49.58 | 59         | 1.8417           |                     | 1.87/30             | 1.869/20           | 1.8418/12           |                     |
| 15                | 50.08 | 9          | 1.8244           | 1.817/17            |                     | 1.8327/10          |                     |                     |
| 16                | 54.73 | 5          | 1.6798           | 1.672/7             |                     | 1.69/2             | 1.6789/15           |                     |
| 17                | 57.28 | 3          | 1.6109           | 1.608/1             |                     | 1.604/10           | 1.6253/17           |                     |
| 18                | 59.88 | 11         | 1.5471           | 1.541/15            |                     | 1.518/10           | 1.5367/11           | 1.514/80            |
| 19                | 67.67 | 13         | 1.3868           | 1.382/7             |                     |                    | 1.3962/3            |                     |
| 20                | 68.21 | 12         | 1.3738           | 1.375/11            |                     |                    | 1.3719/9            |                     |





شكل رقم (٢٢) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٢) من القسطاط

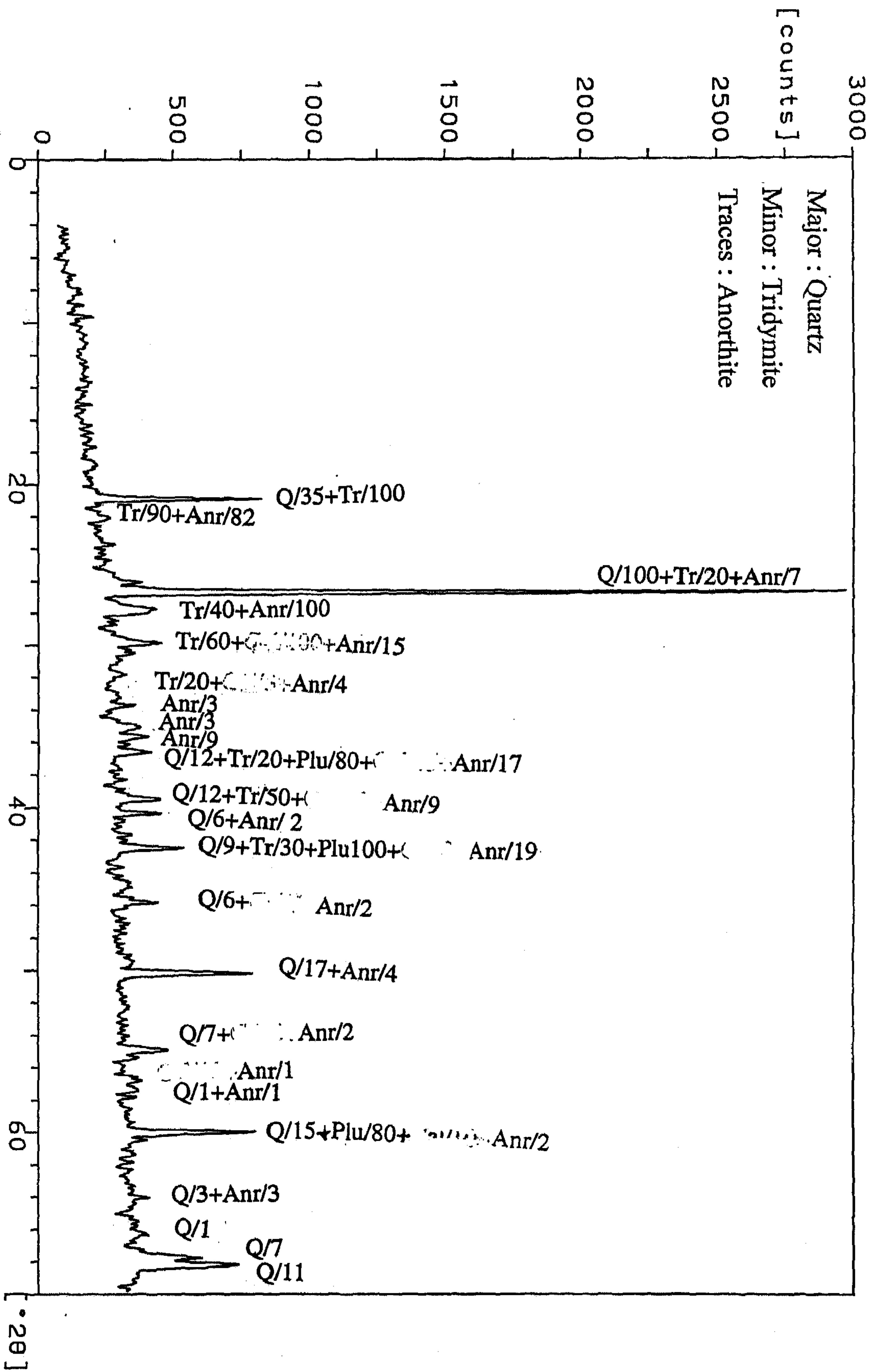


جدول رقم (١٨) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود

الأشعة السينية لعينة (١٤) من الفسفاط

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                     |                     |                      |
|-------------------|-------|------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
|                   |       |            |                  | 05-0490<br>Quartz   | 14-260<br>Tridymite | 46-1312<br>Plustite | 20-0528<br>Anorthite |
| 1                 | 20.89 | 30         | 4.2489           | 4.26/35             | 4.27/100            |                     |                      |
| 2                 | 22.07 | 2          | 4.0243           |                     | 4.07/90             |                     | 4.041/82             |
| 3                 | 26.68 | 100        | 3.3385           | 3.343/100           | 3.34/20             |                     | 3.36/7               |
| 4                 | 27.83 | 5          | 3.2031           |                     | 3.23/40             |                     | 3.197/100            |
| 5                 | 29.82 | 6          | 2.9937           |                     | 2.95/60             |                     | 2.954/15             |
| 6                 | 31.75 | 2          | 2.8155           |                     | 2.85/20             |                     | 2.813/4              |
| 7                 | 33.62 | 2          | 2.6631           |                     |                     |                     | 2.649/3              |
| 8                 | 35.01 | 3          | 2.5605           |                     |                     |                     | 2.554/3              |
| 9                 | 35.59 | 4          | 2.5205           |                     |                     |                     | 2.513/19             |
| 10                | 36.58 | 3          | 2.4542           | 2.458/12            | 2.45/20             | 2.47/80             | 2.459/17             |
| 11                | 39.53 | 4          | 2.2778           | 2.282/12            | 2.3/50              |                     | 2.28/9               |
| 12                | 40.35 | 4          | 2.2332           | 2.237/6             |                     |                     | 2.23/2               |
| 13                | 42.47 | 6          | 2.1265           | 2.128/9             | 2.12/30             | 2.14/100            | 2.139/19             |
| 14                | 45.74 | 3          | 1.9818           | 1.98/6              |                     |                     | 1.984/2              |
| 15                | 50.16 | 9          | 1.8172           | 1.817/17            |                     |                     | 1.816/4              |
| 16                | 54.87 | 3          | 1.6717           | 1.672/7             |                     |                     | 1.68/2               |
| 17                | 56.94 | 1          | 1.6159           |                     |                     |                     | 1.615/1              |
| 18                | 57.81 | 1          | 1.5936           | 1.608/1             |                     |                     | 1.591/1              |
| 19                | 59.96 | 8          | 1.5414           | 1.541/15            |                     | 1.514/80            | 1.536/2              |
| 20                | 64.25 | 1          | 1.4485           | 1.453/3             |                     |                     | 1.4480/3             |





شكل رقم (٢٣) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٤) من القسطاط

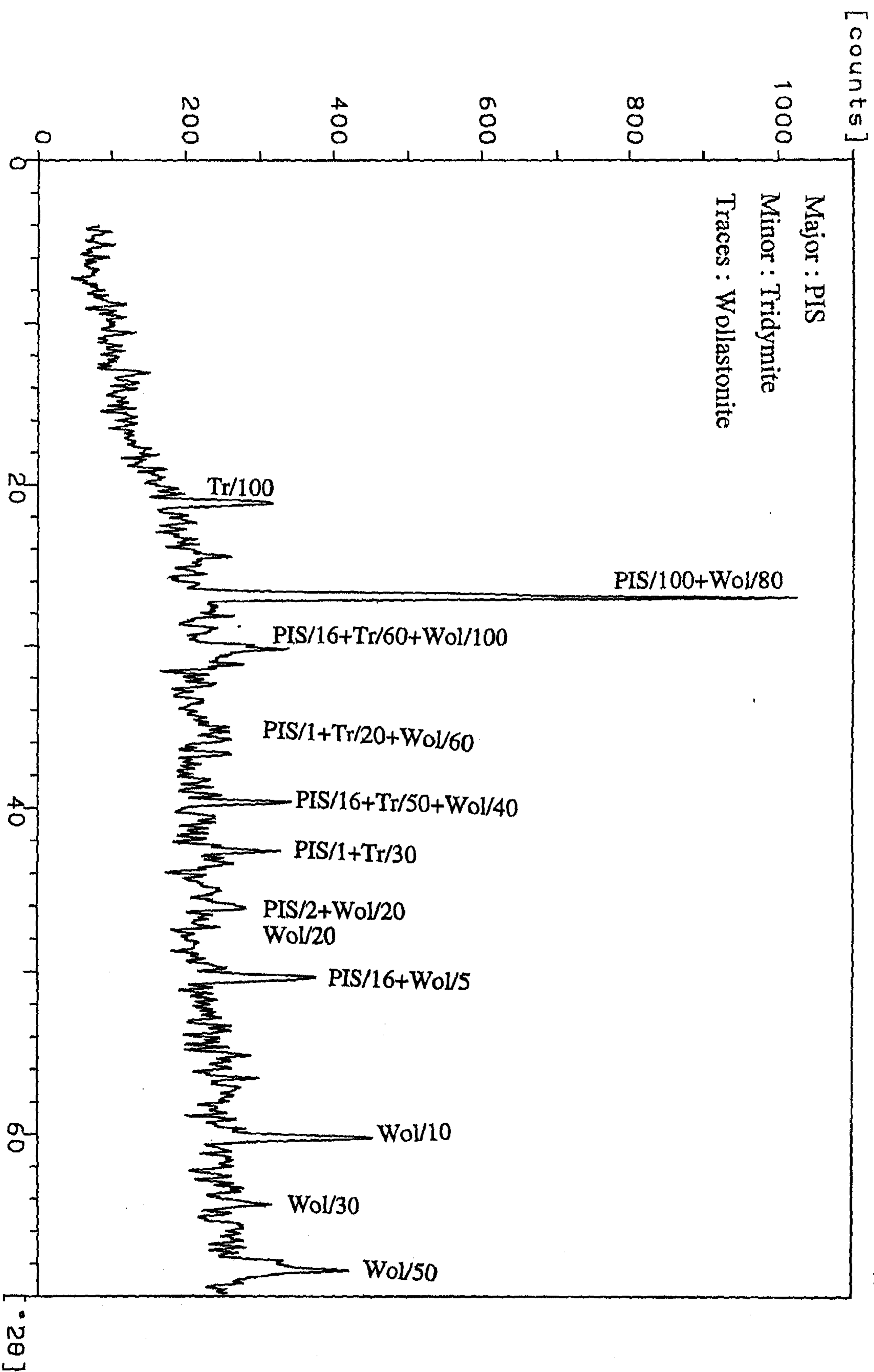




جدول رقم (١٩) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (٢) بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار

| No. of Ref. | 2θ    | R.I (%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals      |                     |                         |
|-------------|-------|---------|------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|
|             |       |         |                  | 14-0617<br>K.Fe.silicate | 14-260<br>Tridymite | 10-0487<br>Wallastonite |
| 1           | 21.00 | 19      | 4.23             |                          | 4.27/100            |                         |
| 2           | 27.00 | 100     | 3.29             | 3.28/100                 |                     | 3.31/80                 |
| 3           | 30.19 | 13      | 2.96             | 2.97/16                  | 2.95/60             | 2.97/100                |
| 4           | 36.66 | 4       | 2.45             | 2.46/1                   | 2.45/20             | 2.47/60                 |
| 5           | 39.58 | 10      | 2.26             | 2.28/16                  | 2.3/50              | 2.29/40                 |
| 6           | 42.60 | 7.7     | 2.12             | 2.11/1                   | 2.12/30             |                         |
| 7           | 46.02 | 5       | 1.97             | 1.99/2                   |                     | 1.98/20                 |
| 8           | 47.27 | 4       | 1.92             |                          |                     | 1.91/20                 |
| 9           | 50.26 | 12      | 1.81             | 1.82/16                  |                     | 1.8/5                   |
| 10          | 60.26 | 12      | 1.53             |                          |                     | 1.53/10                 |
| 11          | 64.32 | 4       | 1.44             |                          |                     | 1.45/30                 |
| 12          | 68.39 | 8       | 1.37             |                          |                     | 1.38/5                  |





شكل رقم (٢٤) يوضح نمط جيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (٢) من مجموعة المتحف



- عينة من القطعة رقم (٣) تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ٦٠,٣ % ،  
الموليت  $\text{Al}_6 \text{Si}_2 \text{O}_3$  يتواجد بنسبة ١٦,٢ % ،الجهلينيت  $\text{Ca Al}_2 \text{SiO}_7$  يتواجد بنسبة ١٣,٣ % ،  
الميكروكلين  $\text{KAl Si}_3 \text{O}_8$  يتواجد بنسبة ٦,٦ % والهيماتيت  $\text{Fe}_2 \text{O}_3$  يتواجد بنسبة ٣,٤ % .  
ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٥) وجدول رقم (٢٠) .
- عينة من القطعة رقم (١٠) و تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $\text{SiO}_2$  ويتواجد بنسبة ٦٠ % ،  
الأنورثيت Calcium Sodium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ٢١,١ % والدايوسيد  $\text{Ca Mg (SiO}_3)_2$  يتواجد بنسبة ١٨,٧ % . ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٦) وجدول رقم (٢١) .
- عينة من القطعة رقم (١٢) و تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ٥٣,٨ % ،  
الجهلينيت  $\text{Ca Al}_2 \text{SiO}_7$  يتواجد بنسبة ٩,٨ % وفوسفات الحديد  $\text{Fe}_3 \text{PO}_7$  يتواجد بنسبة ٩,٨ % .  
ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٧) وجدول رقم (٢٢) .
- عينة من القطعة رقم (١٦) و تحتوي هذه العينة علي الأورثوكليز  $\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$  يتواجد بنسبة ٦٠,٦ % ،الجيوثيت  $\text{Fe O (OH)}$  يتواجد بنسبة ٩,٦ % ،الولاستونيت  $\text{Ca SiO}_3$  يتواجد بنسبة ١٣,٨ % ، فوسفات الحديد  $\text{Fe}_3 \text{PO}_7$  يتواجد بنسبة ٧,٤ % ، الأنورثيت Calcium Sodium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ٤,٣ % و السبينيل  $\text{Mg Al}_2 \text{O}_4$  يتواجد بنسبة ٤,١ % .  
ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٨) وجدول رقم (٢٣) .
- عينة من القطعة رقم (١٧) تحتوي هذه العينة علي الكوارتز  $\text{SiO}_2$  يتواجد بنسبة ٦٠,٥ % ،  
الأنورثيت Calcium Sodium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ١٢,٩ % والولاستونيت  $\text{Ca SiO}_3$  يتواجد بنسبة ٨,١ % . ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٩) وجدول رقم (٢٤) .
- عينة من مادة الاستكمال من القطعة رقم (٥) العينة عبارة عن جبس  $\text{Ca SO}_4 : 2\text{H}_2\text{O}$  بنسبة . ويتضح ذلك فى الشكل رقم (٣٠) والجدول رقم (٢٥) .

### الميكروسكوب الإلكتروني الماسح

#### Scanning Electron Microscope (SEM)

يتميز الميكروسكوب الإلكتروني الماسح بمعدل تكبير عال يصل إلى ١٠٠,٠٠٠ مرة وتكون الصورة فى الميكروسكوب الإلكتروني الماسح عن طريق مرور حزمة طبيعية من الإلكترونات لمسح سطح العينة ، حيث تتحرك الإلكترونات للإمام والخلف قائمة بعملية المسح ،

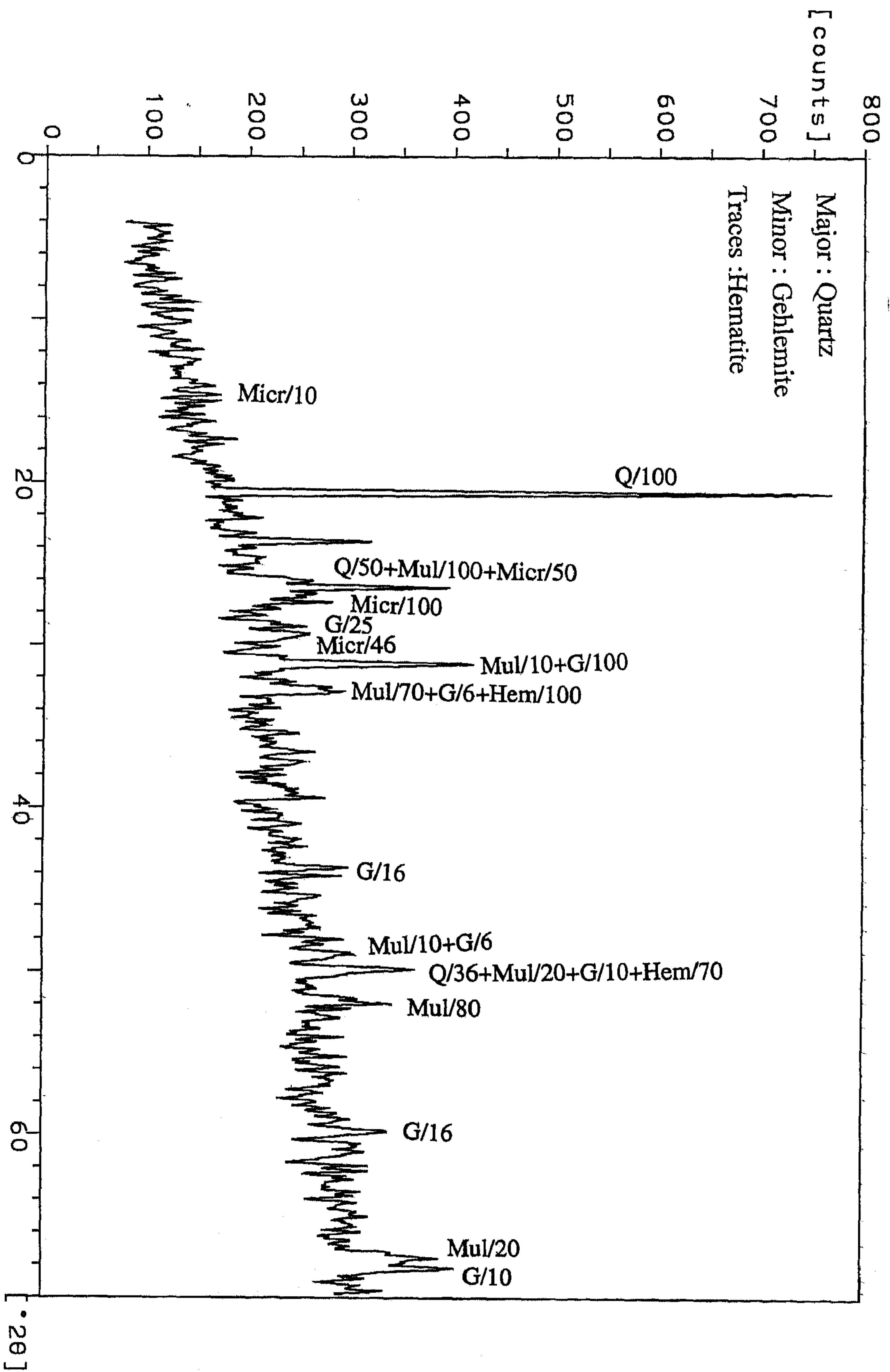


جدول رقم (٢٠) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة رقم (٣) من المتحف الإسلامي بكلية الآثار

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals      |                    |                      |                       |                    |
|-------------------|-------|------------|------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
|                   |       |            |                  | 43-0596<br>silicon oxide | 02-0452<br>Mullite | 20-0199<br>Gehlenite | 10-0479<br>Microcline | 13-534<br>Hematite |
| 1                 | 14.98 | 11         | 5.90             |                          |                    |                      | 5.91/10               |                    |
| 2                 | 20.65 | 100        | 4.29             | 4.29/100                 |                    |                      |                       |                    |
| 3                 | 26.43 | 27         | 3.36             | 3.37/50                  | 3.36/100           |                      | 3.34/50               |                    |
| 4                 | 27.34 | 11         | 3.25             |                          |                    |                      | 3.24/100              |                    |
| 5                 | 28.83 | 12         | 3.09             |                          |                    |                      | 3.07/25               |                    |
| 6                 | 29.33 | 8          | 3.04             |                          |                    |                      | 3.02/40               |                    |
| 7                 | 31.08 | 22         | 2.87             |                          | 2.87/10            | 2.85/100             |                       |                    |
| 8                 | 32.98 | 6          | 2.71             |                          | 2.69/70            | 2.72/6               |                       | 2.69/100           |
| 9                 | 44.12 | 5          | 2.05             |                          |                    | 2.04/16              |                       |                    |
| 10                | 48.86 | 4          | 1.86             |                          | 1.88/10            | 1.86/6               |                       |                    |
| 11                | 49.83 | 7          | 1.82             | 1.82/36                  | 1.84/20            | 1.81/10              |                       | 1.83/70            |
| 12                | 59.77 | 4          | 1.54             |                          | 1.53/80            |                      |                       |                    |
| 13                | 61.87 | 3          | 1.49             |                          |                    | 1.51/16              |                       |                    |
| 14                | 67.58 | 4          | 1.38             |                          | 1.38/20            |                      |                       |                    |
| 15                | 68.22 | 5          | 1.37             |                          |                    | 1.37/10              |                       |                    |







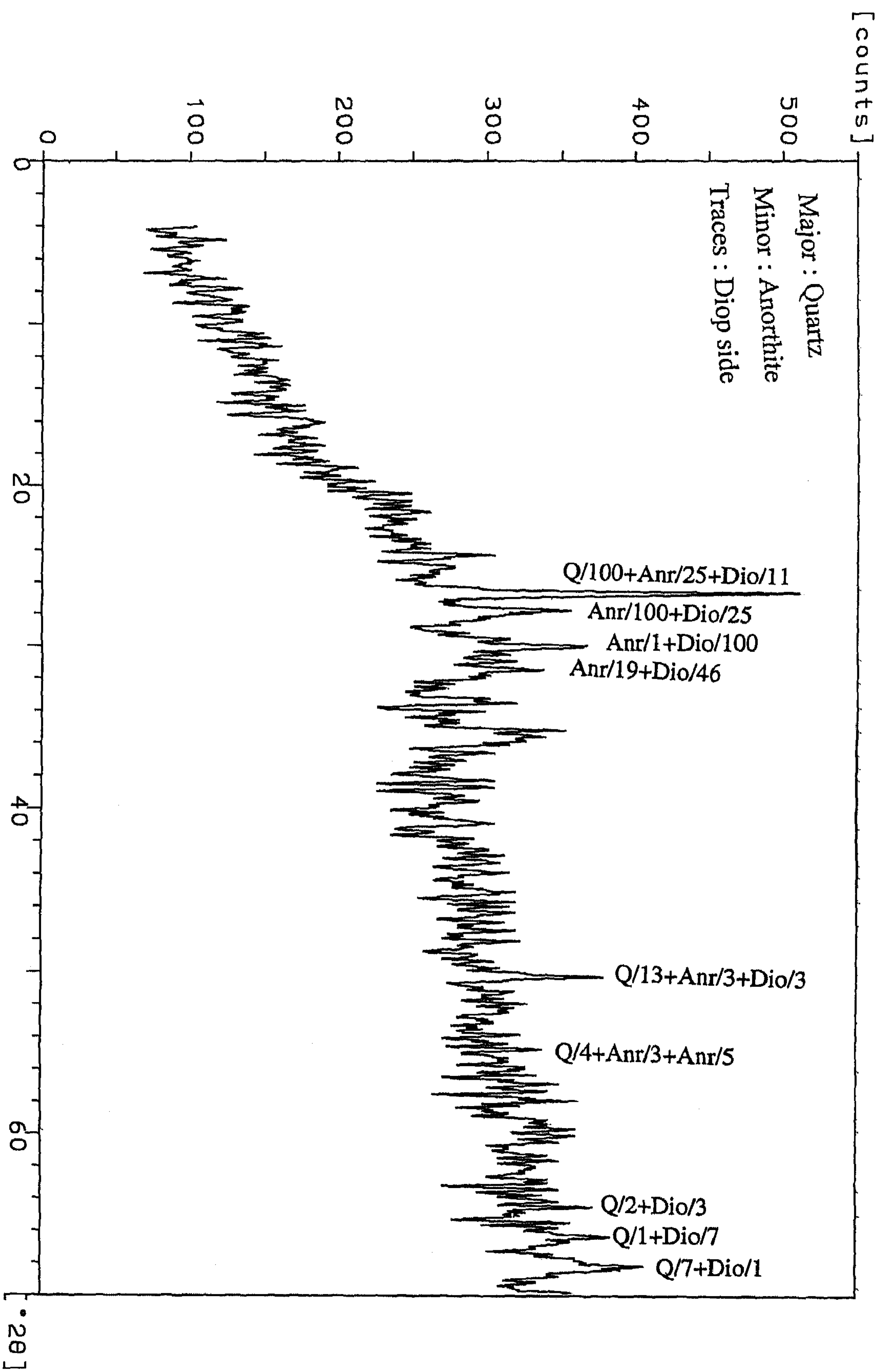
شكل رقم (٢٥) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (٣) من مجموعة المتحف



جدول رقم (٢١) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٠) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار

| No. of Ref. | 2θ    | R.I (%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                   |                  |
|-------------|-------|---------|------------------|---------------------|-------------------|------------------|
|             |       |         |                  | 46-1045 Quartz      | 12-0301 Anorthite | 11-0654 Diopside |
| 1           | 26.69 | 100     | 3.33             | 3.34/100            | 3.37/25           | 3.35/11          |
| 2           | 27.77 | 35      | 3.20             |                     | 3.2/100           | 3.23/25          |
| 3           | 29.93 | 31      | 2.98             |                     | 2.98/1            | 2.99/100         |
| 4           | 31.62 | 18      | 2.82             |                     | 2.82/19           | 2.83/1           |
| 5           | 35.54 | 18      | 2.52             |                     | 2.52/25           | 2.52/40          |
| 6           | 50.27 | 18      | 1.81             | 1.81/13             | 1.81/3            | 1.81/3           |
| 7           | 54.74 | 10      | 1.67             | 1.67/4              | 1.68/3            | 1.67/5           |
| 8           | 64.51 | 11      | 1.44             | 1.45/2              |                   | 1.44/3           |
| 9           | 66.45 | 9       | 1.4              | 1.41/1              |                   | 1.41/7           |
| 10          | 68.61 | 12      | 1.37             | 1.37/7              |                   | 1.37/1           |





شكل رقم (٢٦) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٠) من مجموعة المنحرف

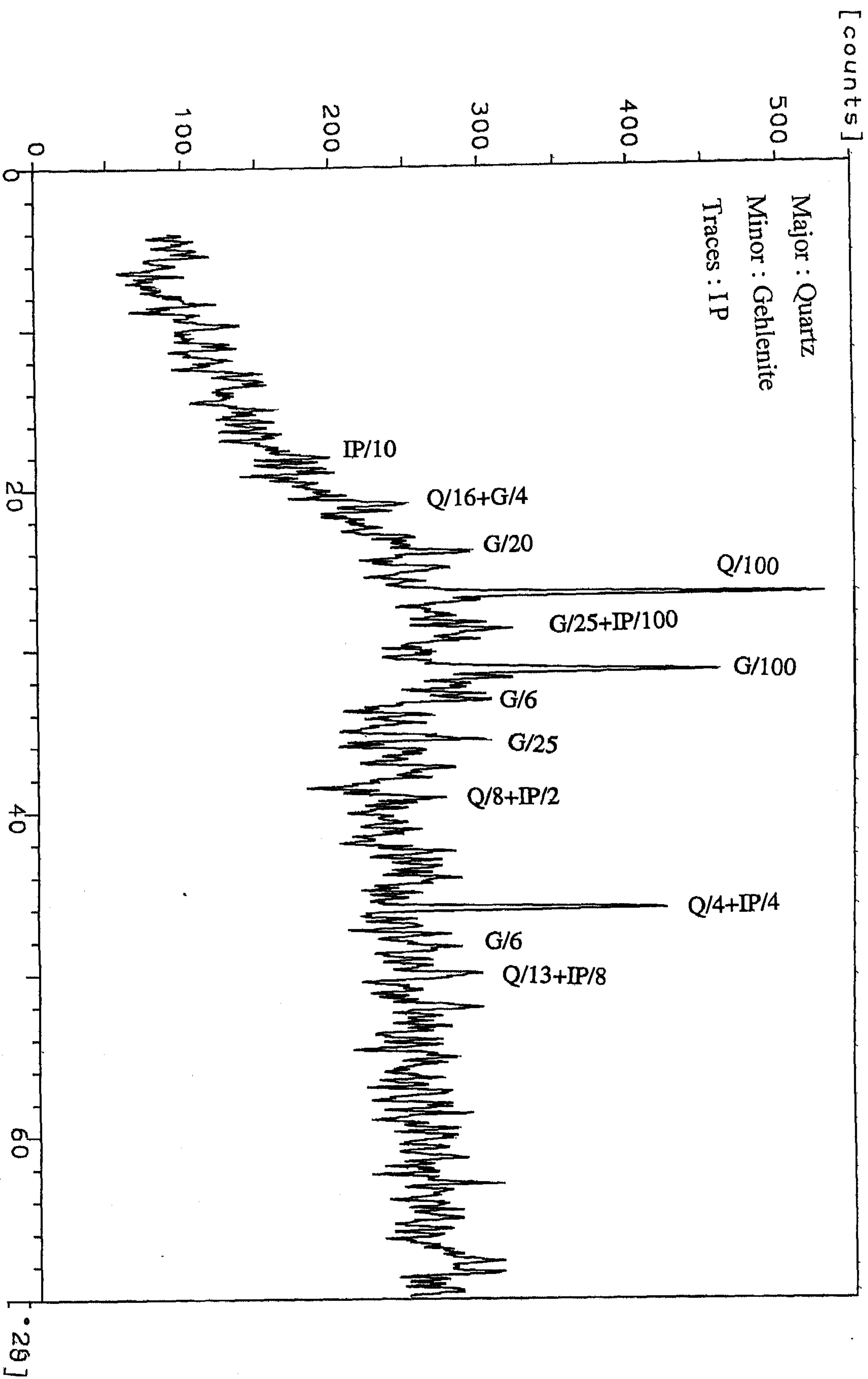


جدول رقم (٢٢) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٢) من المتحف الإسلامي بكلية الآثار

| No. of Ref. | 2θ    | R.I (%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                   |                        |
|-------------|-------|---------|------------------|---------------------|-------------------|------------------------|
|             |       |         |                  | 46-1045 Quartz      | 20-0199 Gehlenite | 14-0147 Iron Phosphate |
| 1           | 18.28 | 22      | 4.84             |                     |                   | 4.87/10                |
| 2           | 21.03 | 13      | 4.22             | 4.25/16             | 4.22/4            |                        |
| 3           | 23.93 | 23      | 3.71             |                     | 3.71/20           |                        |
| 4           | 26.56 | 100     | 3.35             | 3.34/100            |                   |                        |
| 5           | 29.04 | 18      | 3.07             |                     | 3.07/25           | 3.08/100               |
| 6           | 31.32 | 68      | 2.85             |                     | 2.85/100          |                        |
| 7           | 33.17 | 20      | 2.69             |                     | 2.72/6            |                        |
| 8           | 37.56 | 10      | 2.39             |                     | 2.4/25            |                        |
| 9           | 39.13 | 1       | 2.3              | 2.288               |                   | 2.28/2                 |
| 10          | 45.89 | 39      | 1.97             | 1.97/4              |                   | 1.98/4                 |
| 11          | 48.4  | 6       | 1.87             |                     | 1.86/6            |                        |
| 12          | 50.07 | 8       | 1.82             | 1.81/13             |                   | 1.84/8                 |







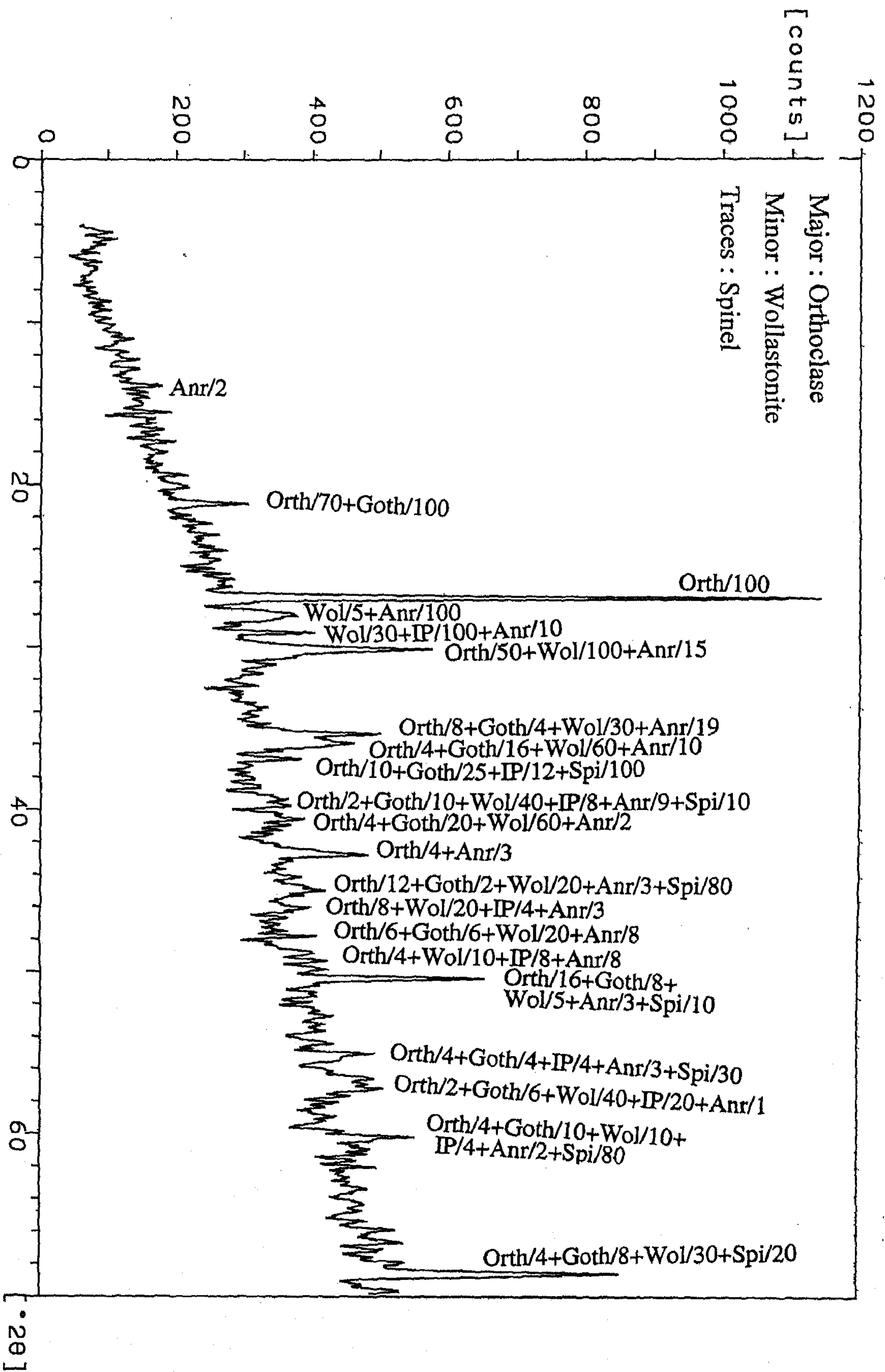
شكل رقم (٢٧) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٢) من مجموعة المتحف



جدول رقم (٢٣) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود  
الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٦) من المتحف الإسلامي بكلية الآثار

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals   |                      |                         |                                |                      |                   |
|-------------------|-------|------------|------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------|-------------------|
|                   |       |            |                  | 31-0966<br>Orthoclase | 17-0536<br>Gehlenite | 10-0487<br>Wollastanite | 14-0147<br>Iron –<br>phosphate | 20-0528<br>Anorthite | 03-0901<br>Spinel |
| 1                 | 12.92 | 6          | 6.84             |                       |                      |                         |                                | 6.83/2               |                   |
| 2                 | 21.15 | 16         | 4.19             | 4.22/70               | 4.18/100             |                         |                                |                      |                   |
| 3                 | 26.97 | 100        | 3.3              | 3.31/100              |                      |                         |                                |                      |                   |
| 4                 | 27.87 | 7          | 3.19             |                       |                      | 3.16/5                  |                                | 3.19/100             |                   |
| 5                 | 29.11 | 12         | 3.06             |                       |                      | 3.09/30                 | 3.08/100                       | 3.03/10              |                   |
| 6                 | 30.11 | 23         | 2.96             | 2.99/50               |                      | 2.97/100                |                                | 2.95/15              |                   |
| 7                 | 35.33 | 17         | 2.53             | 2.55/8                | 2.52/4               | 2.55/30                 |                                | 2.51/19              |                   |
| 8                 | 36    | 10         | 2.49             | 2.48/4                | 2.49/16              | 2.47/60                 |                                | 2.5/10               |                   |
| 9                 | 36.89 | 7          | 2.43             | 2.41/10               | 2.45/25              |                         | 2.43/12                        |                      | 2.43/100          |
| 10                | 39.45 | 3          | 2.28             | 2.26/2                | 2.25/10              | 2.29/40                 | 2.3/8                          | 2.28/9               | 2.25/10           |
| 11                | 40.65 | 4          | 2.21             | 2.2/4                 | 2.19/20              | 2.18/60                 |                                | 2.22/2               |                   |
| 12                | 42.79 | 10         | 2.11             | 2.11/4                |                      |                         |                                | 2.11/3               |                   |
| 13                | 44.99 | 5          | 2.01             | 2.00/12               | 2.00/2               | 2.01/20                 |                                | 2.00/3               | 2.02/80           |
| 14                | 46.14 | 4          | 1.96             | 1.97/8                |                      | 1.98/20                 | 1.98/4                         | 1.96/3               |                   |
| 15                | 47.79 | 5          | 1.9              | 1.91/6                | 1.92/20              | 1.91/20                 |                                | 1.92/8               |                   |
| 16                | 48.87 | 4          | 1.86             | 1.85/4                |                      | 1.86/10                 | 1.84/8                         | 1.85/8               |                   |
| 17                | 50.4  | 17         | 1.8              | 1.8/16                | 1.79/8               | 1.8/5                   |                                | 1.8/3                | 1.82/10           |
| 18                | 55.02 | 5          | 1.66             | 1.67/4                | 1.66/4               |                         | 1.66/4                         | 1.65/3               | 1.65/30           |
| 19                | 56.88 | 4          | 1.61             | 1.61/2                | 1.6/6                | 1.6/40                  | 1.62/20                        | 1.61/20              |                   |
| 20                | 60.24 | 6          | 1.53             | 1.53/4                | 1.5/10               | 1.53/10                 | 1.53/10                        | 1.53/2               | 1.55/80           |
| 21                | 68.57 | 19         | 1.36             | 1.36/4                | 1.35/8               | 1.35/30                 |                                |                      | 1.37/20           |





شكل رقم (٧٨) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٦) من مجموع العينات

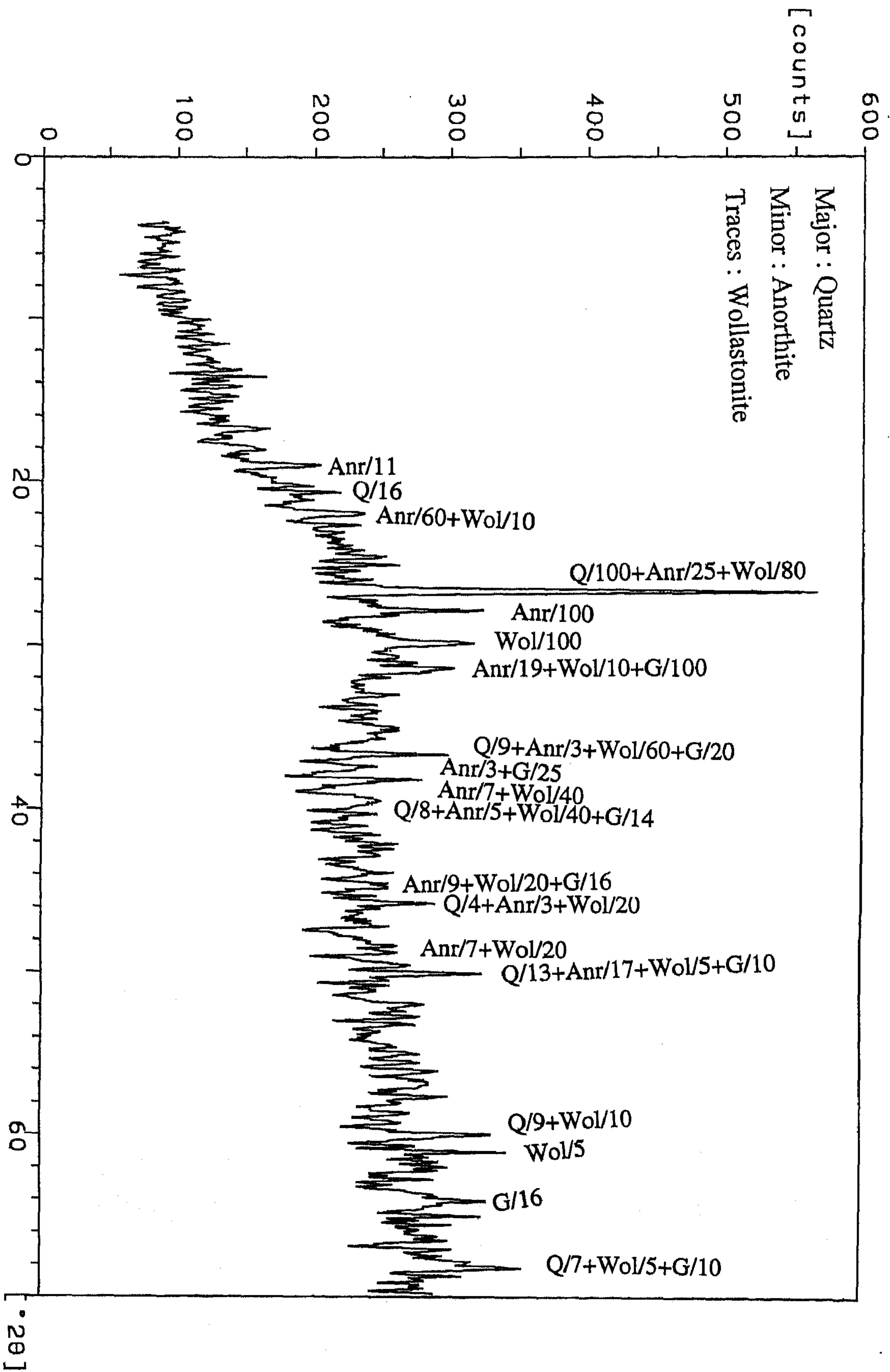


جدول رقم (٢٤) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٧) من المتحف الإسلامي بكلية الآثار

| No. of Ref. | 2θ    | R.I (%) | d <sub>hkl</sub> | Identified Minerals |                   |                      |                   |
|-------------|-------|---------|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
|             |       |         |                  | 46-1045 Quartz      | 12-0301 Anorthite | 10-0487 Wollastonite | 20-0199 Gehlenite |
| 1           | 19.01 | 17      | 4.66             |                     | 4.69/11           |                      |                   |
| 2           | 20.66 | 21      | 4.29             | 4.25/16             |                   |                      |                   |
| 3           | 21.95 | 16      | 4.04             |                     | 4.04/60           | 4.05/10              |                   |
| 4           | 26.65 | 100     | 3.34             | 3.34/100            | 3.37/25           | 3.31/80              |                   |
| 5           | 27.84 | 30      | 3.20             |                     | 3.2/100           |                      |                   |
| 6           | 29.85 | 21      | 2.99             |                     |                   | 2.97/100             |                   |
| 7           | 31.46 | 13      | 2.84             |                     | 2.82/19           | 2.8/10               | 2.85/100          |
| 8           | 36.66 | 14      | 2.44             | 2.45/9              | 2.43/3            | 2.47/60              | 2.43/20           |
| 9           | 37.44 | 6       | 2.4              |                     | 2.4/3             |                      | 2.4/25            |
| 10          | 38.28 | 8       | 2.34             |                     | 2.32/7            | 2.33/40              |                   |
| 11          | 39.47 | 5.5     | 2.28             | 2.28/8              | 2.27/5            | 2.29/40              | 2.29/14           |
| 12          | 44.65 | 4       | 2.02             |                     | 2.02/9            | 2.01/20              | 2.04/16           |
| 13          | 45.74 | 10      | 1.98             | 1.97/4              | 1.98/4            | 1.98/3               | 1.98/20           |
| 14          | 48.42 | 4       | 1.87             |                     | 1.87/7            | 1.88/20              |                   |
| 15          | 50.07 | 12      | 1.82             | 1.81/13             | 1.83/17           | 1.8/5                | 1.81/10           |
| 16          | 60.04 | 10      | 1.53             | 1.54/9              |                   | 1.53/100             |                   |
| 17          | 61.06 | 11      | 1.51             |                     |                   | 1.51/5               |                   |
| 18          | 61.74 | 3       | 1.5              |                     |                   |                      | 1.51/16           |
| 19          | 68.22 | 9       | 1.37             | 1.37/7              |                   | 1.38/5               | 1.37/10           |







شكل رقم (٢٩) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٧) من مجموع المتحف

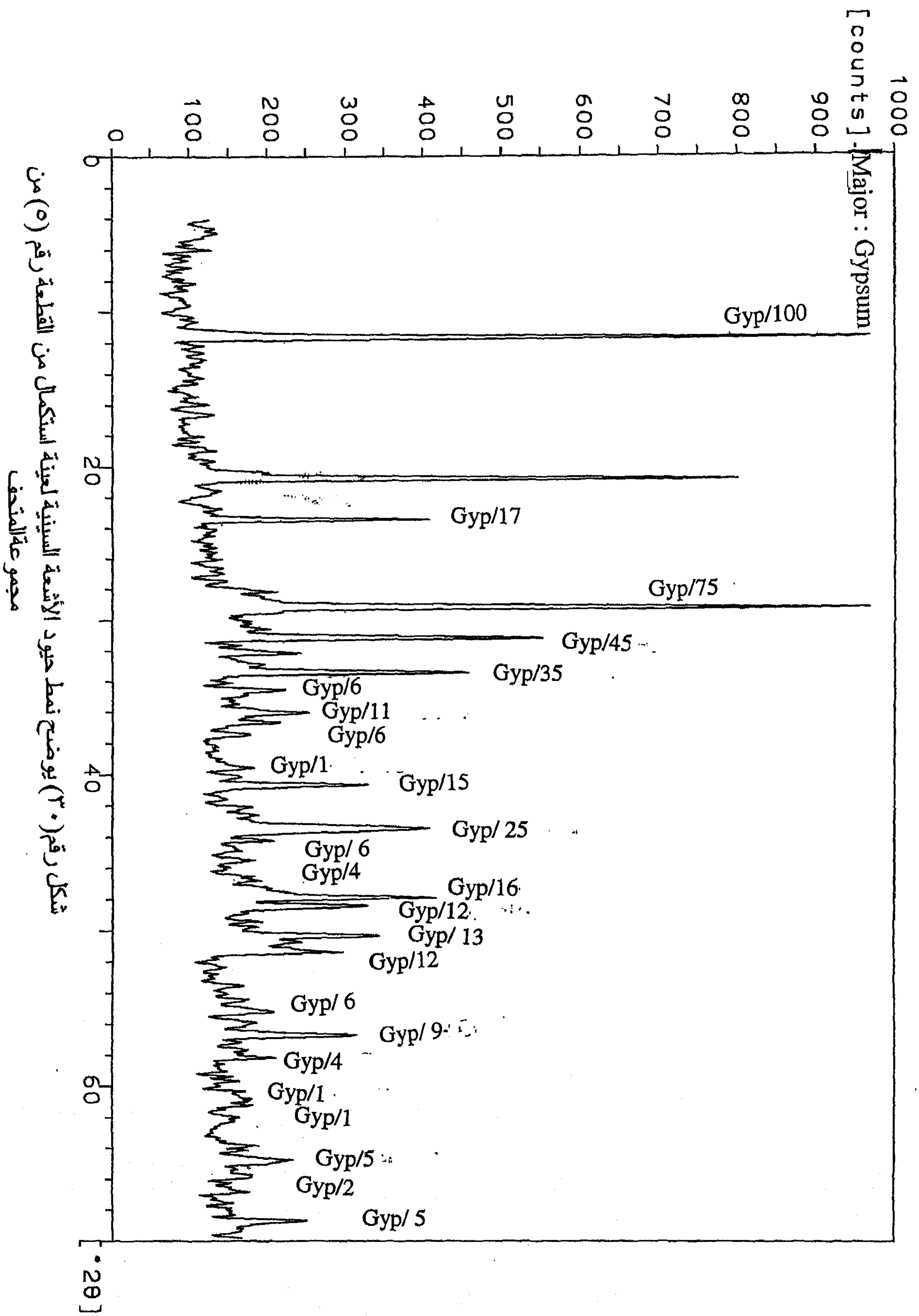


جدول رقم (٢٥) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود

الأشعة السينية لعينة استكمال من القطعة رقم (٥) بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار

| No.<br>of<br>Ref. | 2θ    | R.I<br>(%) | D <sub>hkl</sub> | Identified<br>Minerals |
|-------------------|-------|------------|------------------|------------------------|
|                   |       |            |                  | 33-0311<br>Gypsum      |
| 1                 | 11.65 | 100        | 7.58             | 7.63/100               |
| 2                 | 23.39 | 16         | 3.8              | 3.79/17                |
| 3                 | 28.04 | 3          | 3.17             | 3.17/4                 |
| 4                 | 29.12 | 35         | 3.06             | 3.06/75                |
| 5                 | 31.11 | 19         | 2.87             | 2.87/45                |
| 6                 | 32.12 | 5          | 2.78             | 2.78/10                |
| 7                 | 33.39 | 13         | 2.68             | 2.68/35                |
| 8                 | 34.48 | 3          | 2.59             | 2.59/6                 |
| 9                 | 36.02 | 4          | 2.49             | 2.49/11                |
| 10                | 36.66 | 3          | 2.44             | 2.45/6                 |
| 11                | 39.59 | 2          | 2.27             | 2.29/1                 |
| 12                | 40.63 | 6          | 2.21             | 2.21/15                |
| 13                | 43.39 | 7          | 2.08             | 2.08/25                |
| 14                | 44.22 | 2          | 2.04             | 2.04/6                 |
| 15                | 45.47 | 1          | 1.99             | 1.99/4                 |
| 16                | 47.87 | 7          | 1.89             | 1.89/16                |
| 17                | 48.33 | 6          | 1.88             | 1.87/12                |
| 18                | 50.27 | 5          | 1.81             | 1.81/13                |
| 19                | 51.39 | 4          | 1.77             | 1.77/12                |
| 20                | 55.17 | 2          | 1.66             | 1.66/6                 |
| 21                | 56.75 | 4          | 1.62             | 1.62/9                 |
| 22                | 58.14 | 2          | 1.58             | 1.58/4                 |
| 23                | 60.92 | 1          | 1.51             | 1.51/1                 |
| 24                | 62.09 | 1          | 1.49             | 1.49/1                 |
| 25                | 64.81 | 2          | 1.43             | 1.43/5                 |
| 26                | 66.74 | 1          | 1.4              | 1.4/2                  |
| 27                | 68.64 | 2          | 1.36             | 1.36/5                 |







ثم تعكس العينة الإلكترونات ويطلق عليه في هذه الحالة الإلكترونات الثانوية وتختلف كثافة الإلكترونات الثانوية المنبعثة عن العينة والتي تستخدم لإنتاج الصورة <sup>(1)</sup>.

ويفيد الميكروسكوب الإلكتروني الماسح في دراسة تقنية الطلاءات السطحية التزجيج <sup>(2)</sup>. ويساعد أيضا في الكشف عن الفراغات والفجوات الموجودة على السطح وفحص ميكانيكية الترابط بين المكونات المختلفة <sup>(3)</sup>.

كذلك يساعد SEM في التعرف على المكونات وعلى التركيب الداخلي الدقيق microstructure <sup>(4)</sup> وبسبب التكبير الذي نحصل عليه من SEM فإن ذلك يؤدي إلى الدخول بعمق في العينة وبالتالي فإن SEM يكون مفيد في الحصول على معلومات خاصة في منطقة الكسر fracture origin وبالتالي يمكن دراسة حالة القطعة من حيث الضعف والقوة ويفيد في تحديد محتويات العينة والأطوار المختلفة وكذلك الكشف عن عدم التجانس <sup>(5)</sup>.

وقد اتفق كل من Attas et al <sup>(6)</sup> (١٩٨٢) و Maniatis et al <sup>(7)</sup> (١٩٨٢) على استخدام SEM في الكشف عن حدوث تزجج داخلي من خلال دراسة التركيب الداخلي micro structure. ويمدنا الجهاز أيضا بمعلومات عن شكل الطفلات morphology وتطور شكلها أثناء الحرق ودرجة التزجج degree of vetrification تفيد في معرفة القوة والصلادة والمسامية. وقد يستخدم أيضا الميكروسكوب الإلكتروني المزود بوحدة تحليل في تحديد مكونات التزجيج خاصة العناصر الملونة في التزجيج <sup>(8)</sup>.

---

(١) محمد بن صالح الخليفة وعبد العزيز عبد الرحمن الصالح : المجاهر وتقنياتها ، كلية العلوم ، جامعة الملك سعود ، الرياض ، المملكة العربية السعودية ، ١٩٩٥ ص ٢١٥ .

(2) Miriti , p., Recent advances in the Study of ancient Ceramic Bodies& coatings, in:; Fourth Euro-ceramics vol. 14 the cultural ceramic Heritage. gruppo editorial Faenza editrice. Italy 1995. PP.13-22 .

(3) Glass, S.J. & Tandon, R ., Ceramic Composites, in: characterization of Ceramics, edited by Loehman , R & Fitzpatrick L.E. , Butter worth – Heinemann , London,1993, PP.182-209 .

(4)Tomsia, A. P. &Loehman , R.E., Glass and Ceramic Joints, in: characterization of Ceramics, edited by Loehman, R. &Fitzpatrick, L.E, Butterworth- Heinemann, London, 1993,PP.211-227 . .

(5) Beauchamp, E. k., Mechanical Properties and Fracture in: characterization of ceramics, by Loeh man , R & Fitzpatrick, L., Butter worth–Heinemann, London, 1993, PP.169-187.

(6) Attas, M. et al ,Variations of ceramic composition with time : test case using Lakonian pottery , Archaeometry 24 (2) 1982, PP.181-190 .

(7) Maniatis, y. et al, Technological examination of Low Fired Terracotta Statues From Asia Irini, Kea , Archaeometry , 24 (2) 1982, PP.191-198.

(8) Colomban, P. et al, Microstructure, composition and processing of 15<sup>th</sup> century Vietnamese Porcelains and Celadon , Journal of cultural Heritage , Vol. 4 (3) 2003 , P.180





أما Tite et al 1982<sup>(1)</sup> فقد أشارو إلى أن الطور الزجاجي يظهر تحت SEM ذو سطح ناعم والمزيد من التزجج يمكن ملاحظته وبالتالي التعرف على درجة حرارة الحرق وذلك من خلال المقارنة مع العينات التي يتم إعادة حرقها في المعمل ، ففي حالة البدن منخفض الحرق يكون الطور الزجاجي محدود أو بكمية قليلة وفي هذه الحالة يستخدم SEM في التعرف على المعادن الطفلية والتي لم تتحول الي معادن اخري.

أولا : إستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح في دراسة البدن

وقد استخدم الميكروسكوب الإلكتروني الماسح في فحص بعض عينات المسارج قيد الدراسة و الجهاز المستخدم من انتاج شركة Philips وهو من نوع (XL 30) المزود بوحدة تشتت الأشعة السينية Energy Dispersive X-Ray (EDX) وذلك بغرض التحليل .

وكانت نتائج الفحص والتحليل للمجموعة الاولى (الفسطاط) كما يلي :

• العينة (٤) يظهر التشوه الذي حدث لأحد حبيبات الكوارتز وذلك بانفصالها الى أجزاء ، مما قد يدل على ضعف البدن وهذا ما تم ملاحظته من الفحص البصري للكسرة التي أخذت منها العينة ، كما يتضح من الصورة رقم (٣٩) . كما ان هناك شائبة من الزركون وتظهر بلون فاتح في منتصف الصورة ، أما بالنسبة لنسيج البدن فيظهر نتيجة عملية الطحن التي تمت للكوارتز من خلال ظهور الزوايا الحادة ، بالإضافة الى التفاوت النسبي في حجم حبيبات الكوارتز وكذلك التداخل الجيد لمكونات البدن كما يظهر في الصورة رقم (٤٠) . ويوضح الشكل رقم (٣١) نتيجة التحاليل للشائبة والتأكد من أنها زركون.

كما توضح الصورة رقم (٤١) بعض الفقاعات والتشوه الذي يوجد في منطقة التزجج .

- العينة (٧) توضح الصورة رقم (٤٢) شكل البدن وكبر حجم حبيبات الكوارتز وكذلك الطحن الذي أدى إلى وجود زوايا يظهر من خلال ملمسها الذي يتميز بالخشونة . كما توضح الصورة رقم (٤٣) منطقة التداخل بين البدن والتزجج ويظهر فيها كبر حجم حبيبات الكوارتز ويتفق هذا أيضا مع صور الميكروسكوب المستقطب لقطاع هذه العينة .

ويوضح الشكل رقم (٣٢) نتيجة التحليل لبدن العينة التي تميزت بارتفاع نسبة السليكا وإنخفاض نسبة الكالسيوم والحديد ويتطابق هذا مع نتيجة التحليل لهذه العينة باستخدام حيود الأشعة السينية.

(1) Tite, M.S. et al., The use of Scanning Electron Microscope in: the Technological examination of ancient Ceramics , in , Archaeological ceramics , edited by Olin, J. & Franklin, A. , Smithsonian Institution Press, Washington D.C , 1982, PP .109-120.



- العينة (١١) يظهر تساقط بعض الأجزاء من طبقة التزجيج ووجود شروخ بها ويدل هذا على حالة الضعف التي وصلت لها القطعة ،كما يظهر في الصورة رقم (٤٤). أما الصورة رقم (٤٥) فتبين مدى التجانس الموجود في هذا البدن وكذلك نعومة حبيبات الكوارتز بالإضافة إلى التداخل الجيد بين حبيبات البدن. في حين ان التحليل الذي تم للبدن يؤكد إرتفاع نسبة السليكا و الحديد ويظهر ذلك في الشكل رقم (٣٣).

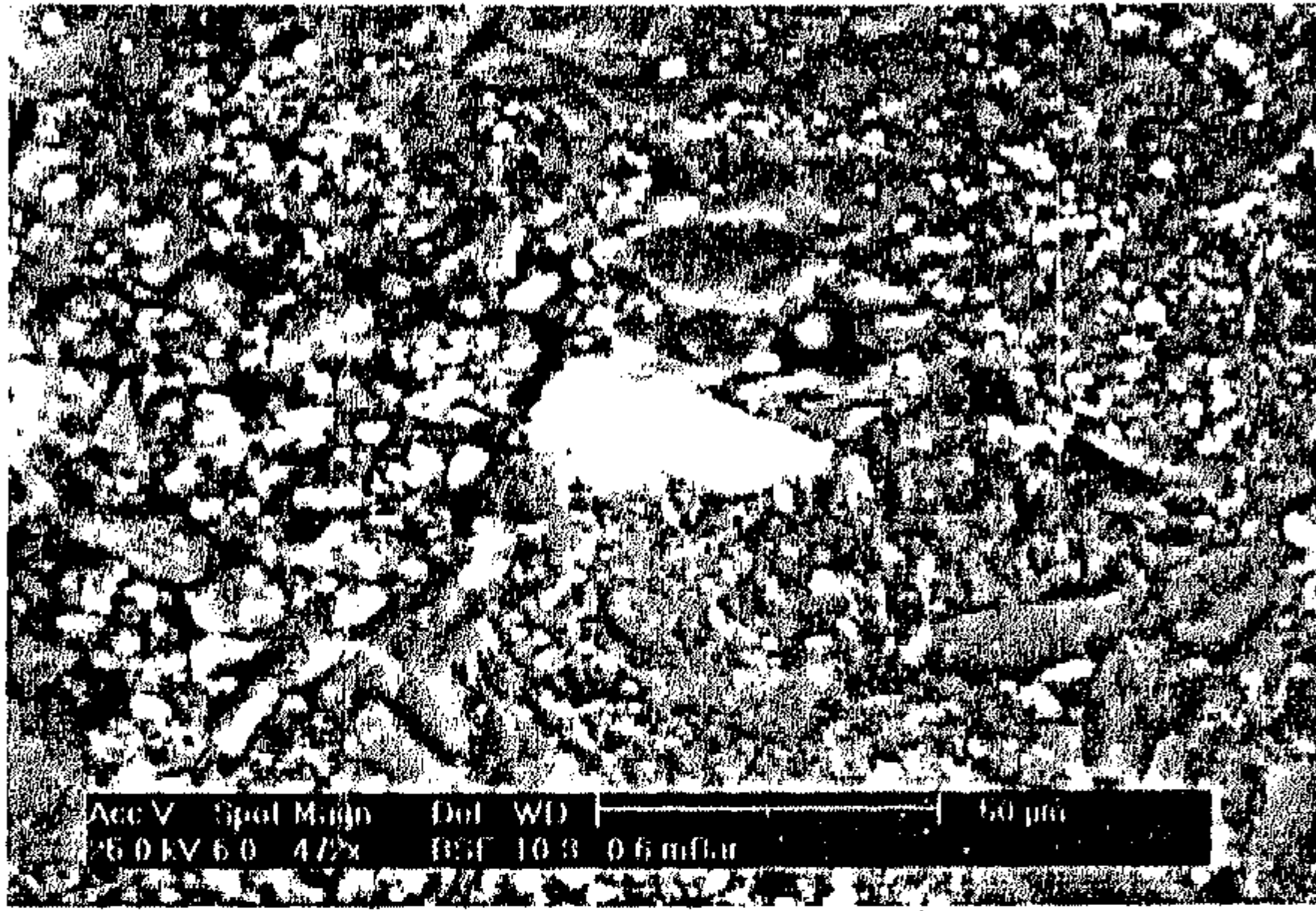
- العينة (١٣) يلاحظ تداخل الحبيبات مع بعضها وإنخفاض المساميه وكذلك وجود الزوايا الحادة لحبيبات الكوارتز كما في الصورة رقم (٤٦). كذلك يظهر تجمع كمية من حبيبات الكوارتز معا مما يدل على إرتفاع نسبته كما في الصورة رقم (٤٧) . وقد اكد التحليل إرتفاع نسبة السليكا والكالسيوم والحديد ويظهر ذلك في الشكل رقم (٣٤) .

- العينة (١٤) توضح الصورة رقم (٤٨) طبقة التزجيج والبدن والدقة في تطبيق التزجيج على البدن وذلك بتسوية السطح قبل تطبيق التزجيج. كما ان الصورة رقم (٤٩) عبارة عن تفاصيل أكبر لطبقة التزجيج حيث يظهر التداخل القليل بين البدن وطبقة التزجيج وكذلك عدم إكتمال إنصهار بعض حبيبات مكونات التزجيج .أما الصورة رقم (٥٠) فهي لبدن العينة الذي يتميز بانخفاض المسامة وإرتفاع نسبة الكوارتز كبير الحجم .

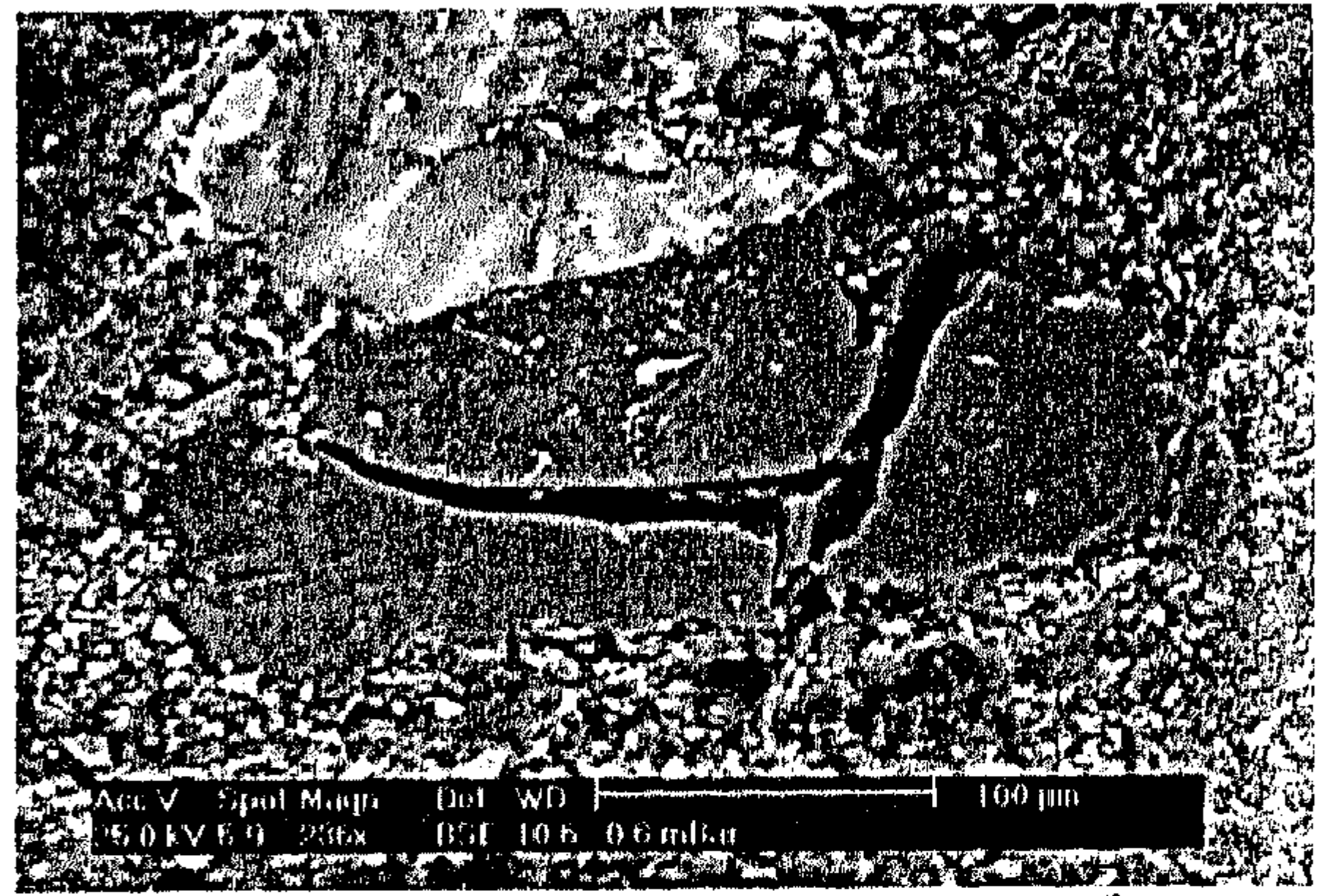
وقد تم تحليل البدن الذي أثبت إرتفاع نسبة الكوارتز ونسبة الكالسيوم بسبب وجود الكالسييت وارتفاع نسبة الحديد والصدويوم المرتفع بسبب الأنورثيت ويظهر ذلك في شكل رقم (٣٥) ويتفق ذلك مع نتائج التحاليل بحيود الأشعة السينية . وعند تحليل المنطقة المتوسطة أو الفاصلة بين البدن والتزجيج حدث اختلاف في نسب بعض المكونات حيث إرتفعت نسبة الرصاص والسليكا بينما انخفضت نسبة الحديد والألومنيوم والكالسيوم ويدل هذا على التداخل القليل الذي حدث بين البدن والتزجيج ويظهر ذلك في الشكل رقم (٣٦) .



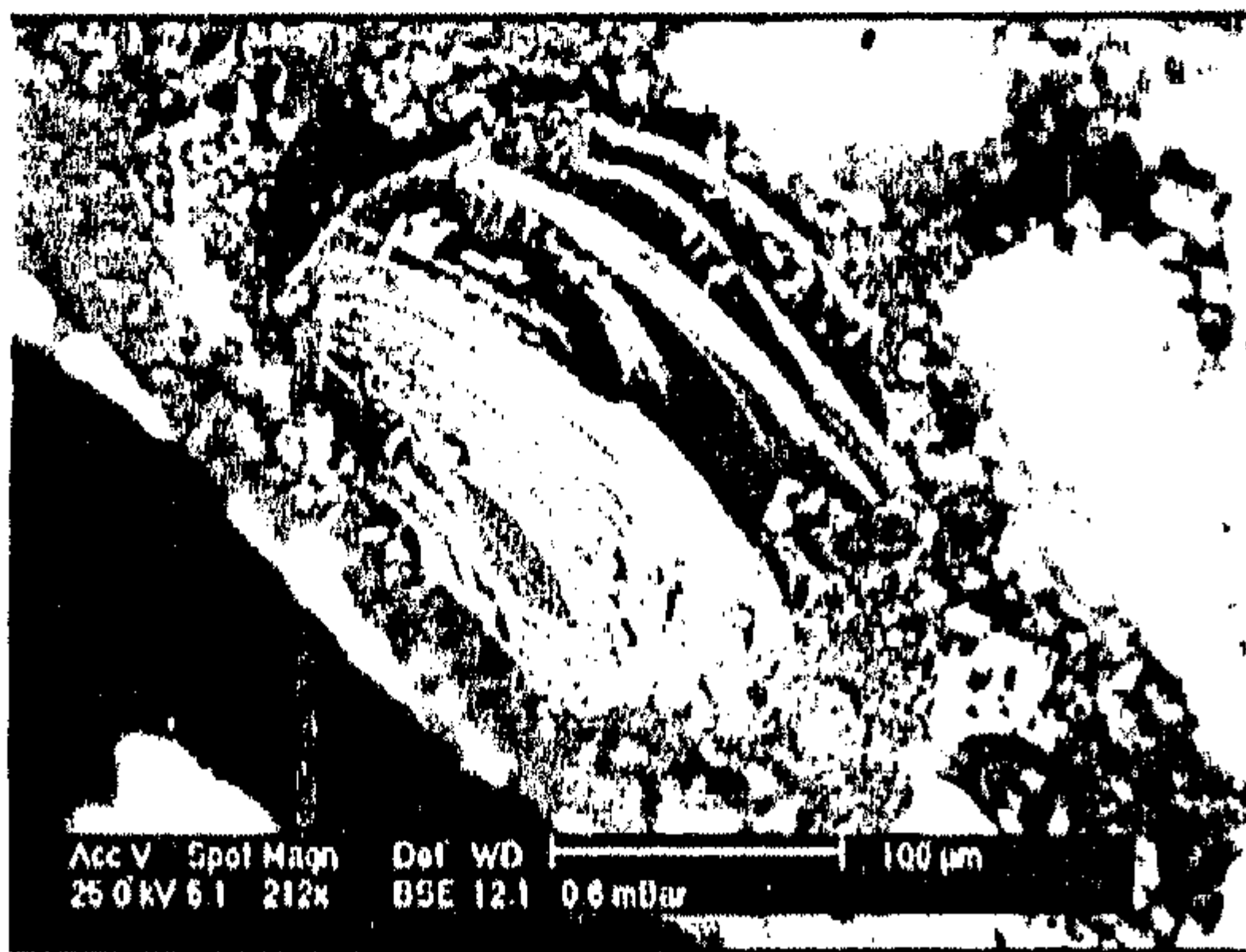




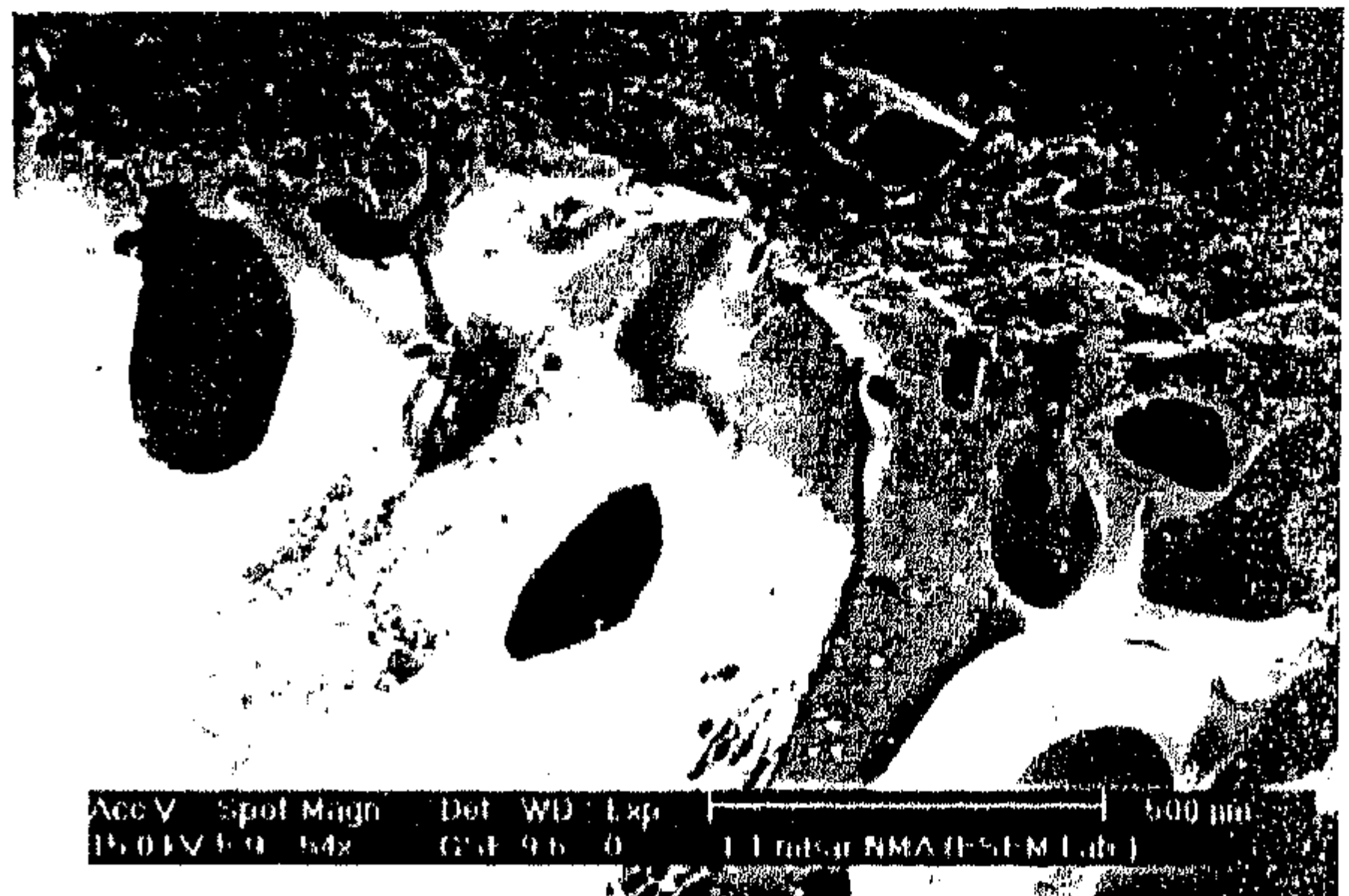
صورة رقم (٤٠) توضح احد شوائب الزركون ، التكبير، ٤٧٢ X.



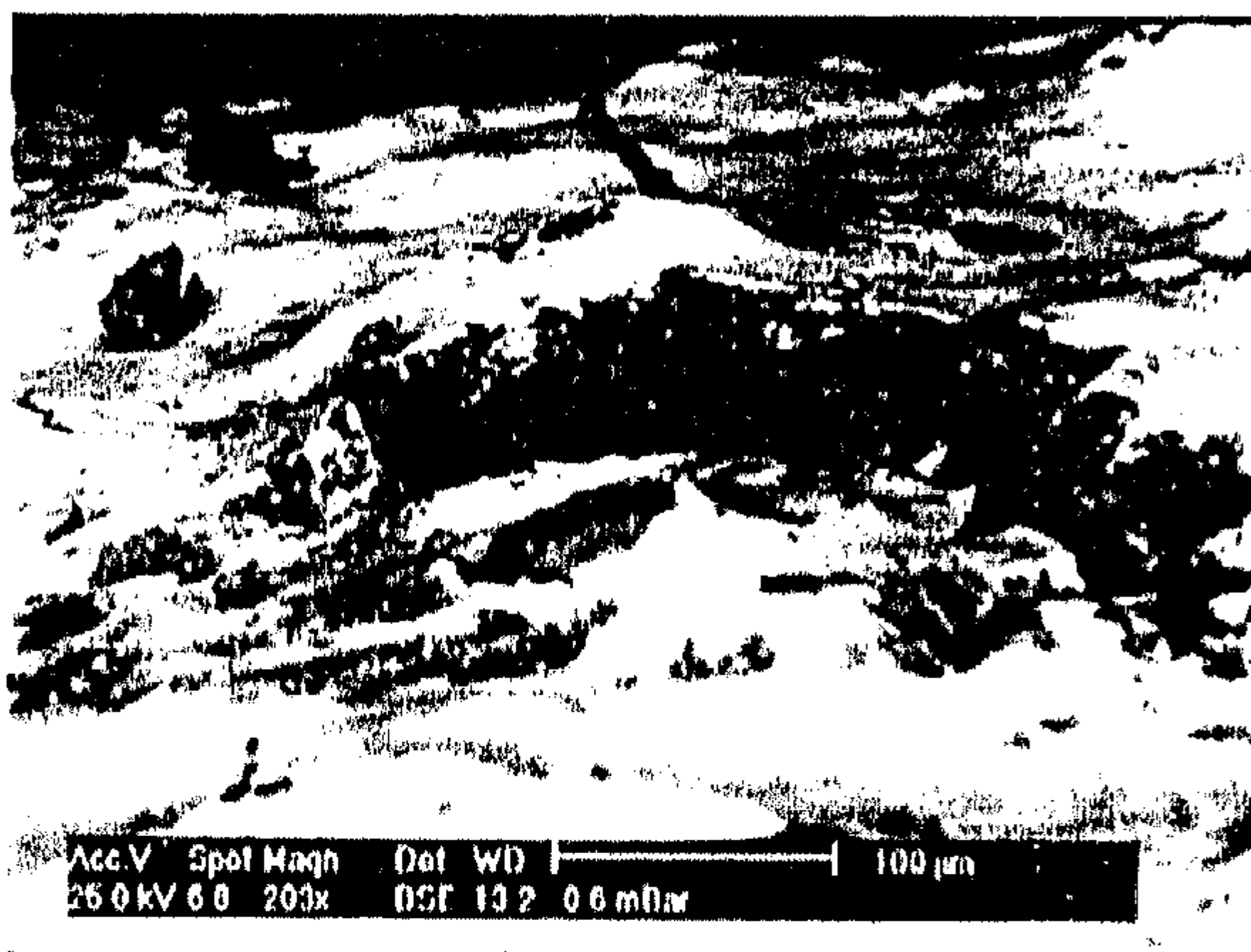
صورة رقم (٣٩) توضح تشوه احد حبيبات الكوارتز ، التكبير X٢٣٦



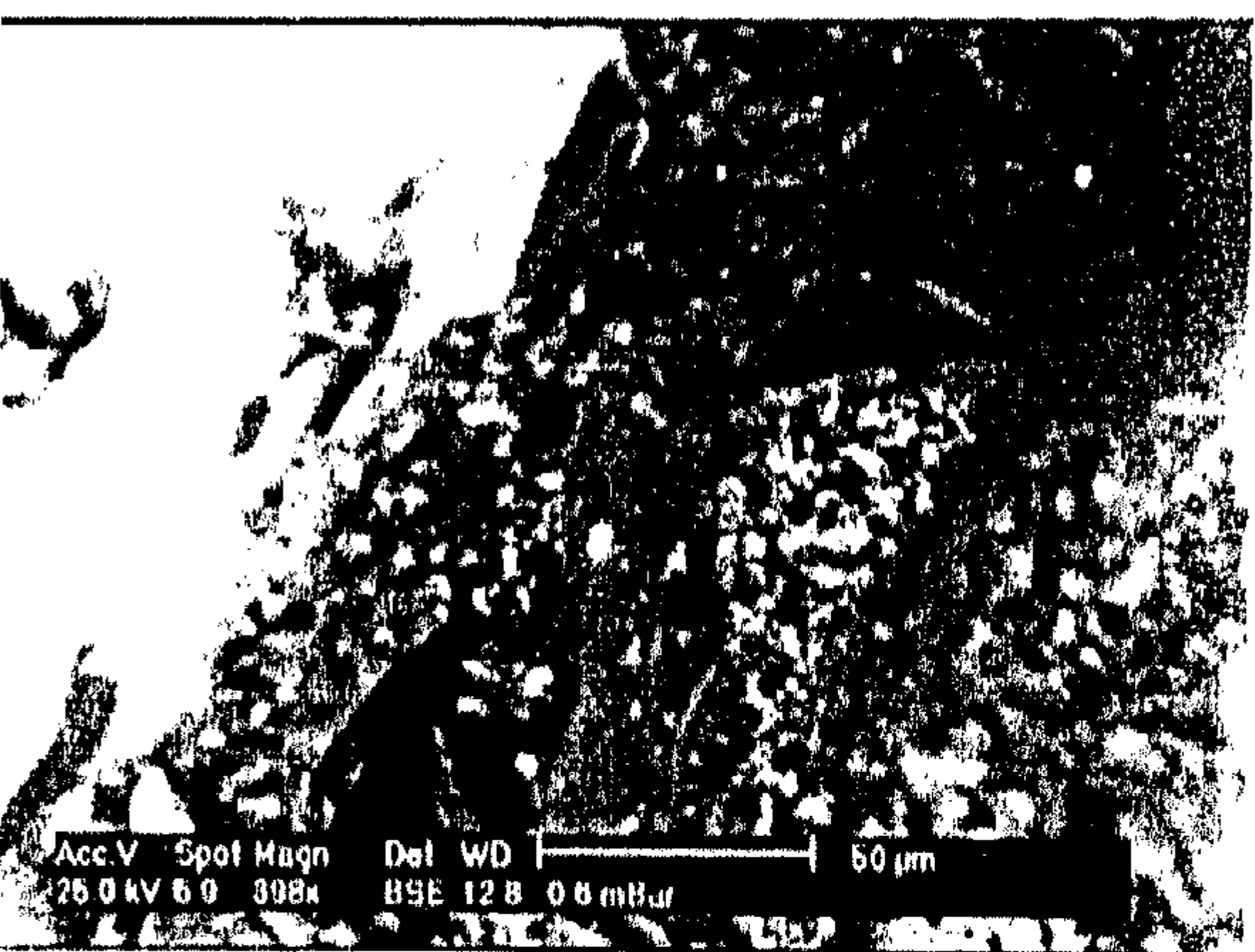
صورة رقم (٤٢) توضح شكل احد حبيبات الكوارتز ، التكبير X٢١٢



صورة رقم (٤١) توضح بعض الفقاعات الموجودة في طبقة التزجيج ، التكبير X ٥٤



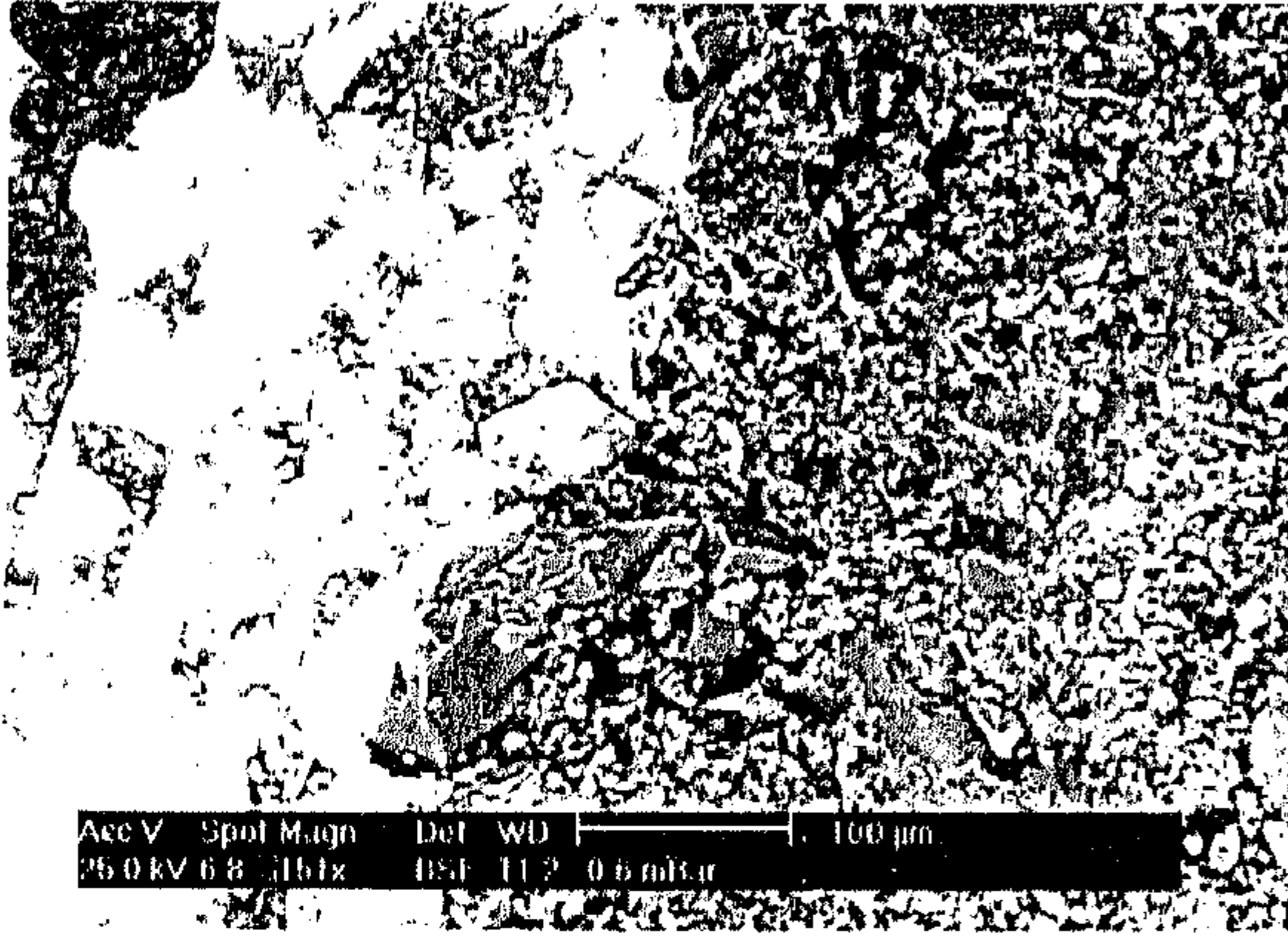
صورة رقم (٤٤) توضح تساقط بعض الاجزاء من طبقة التزجيج ، التكبير X ٢٠٣



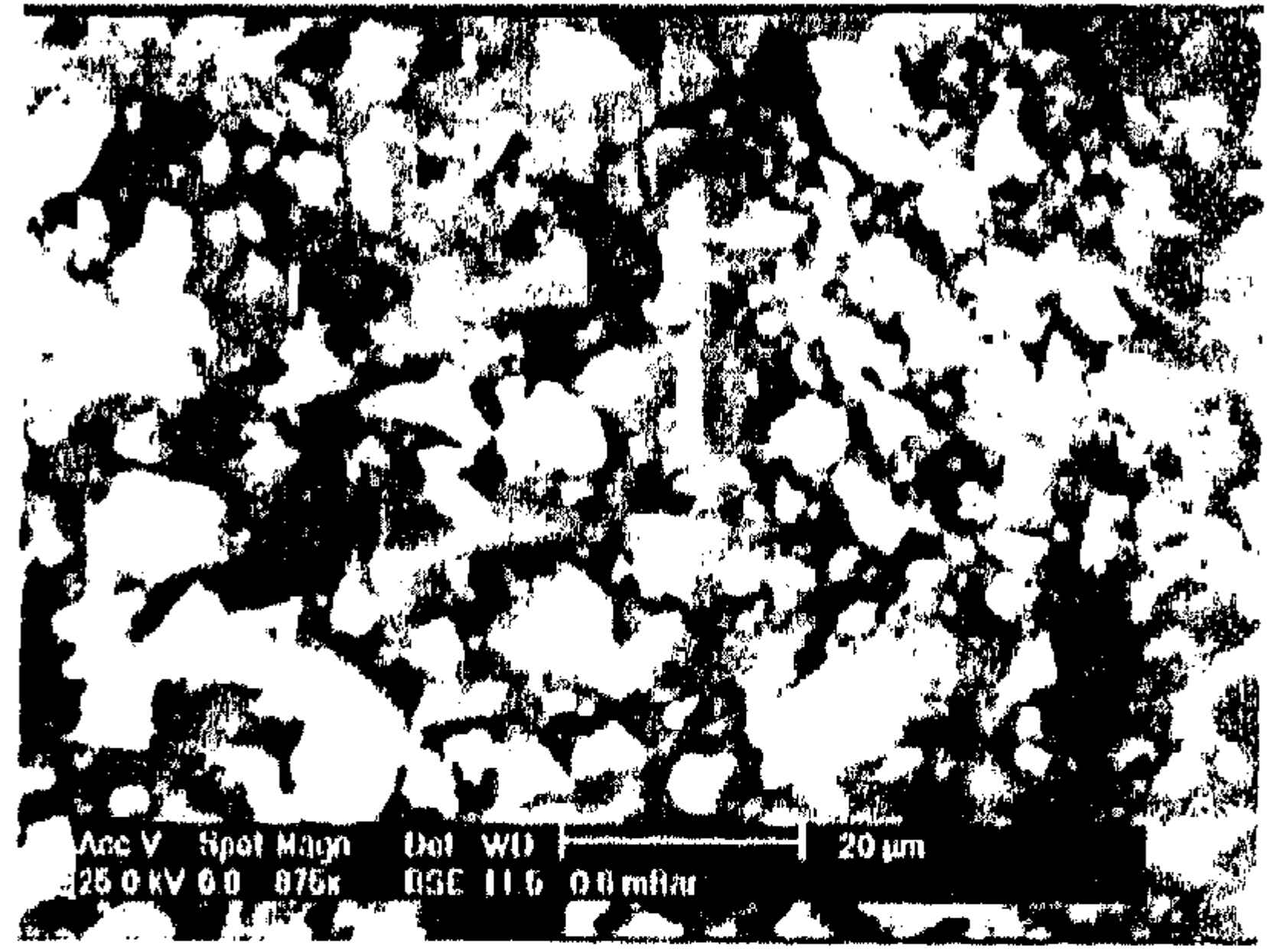
صورة رقم (٤٣) توضح منطقة التداخل بين البدن والتزجيج ، التكبير X٣٩٨



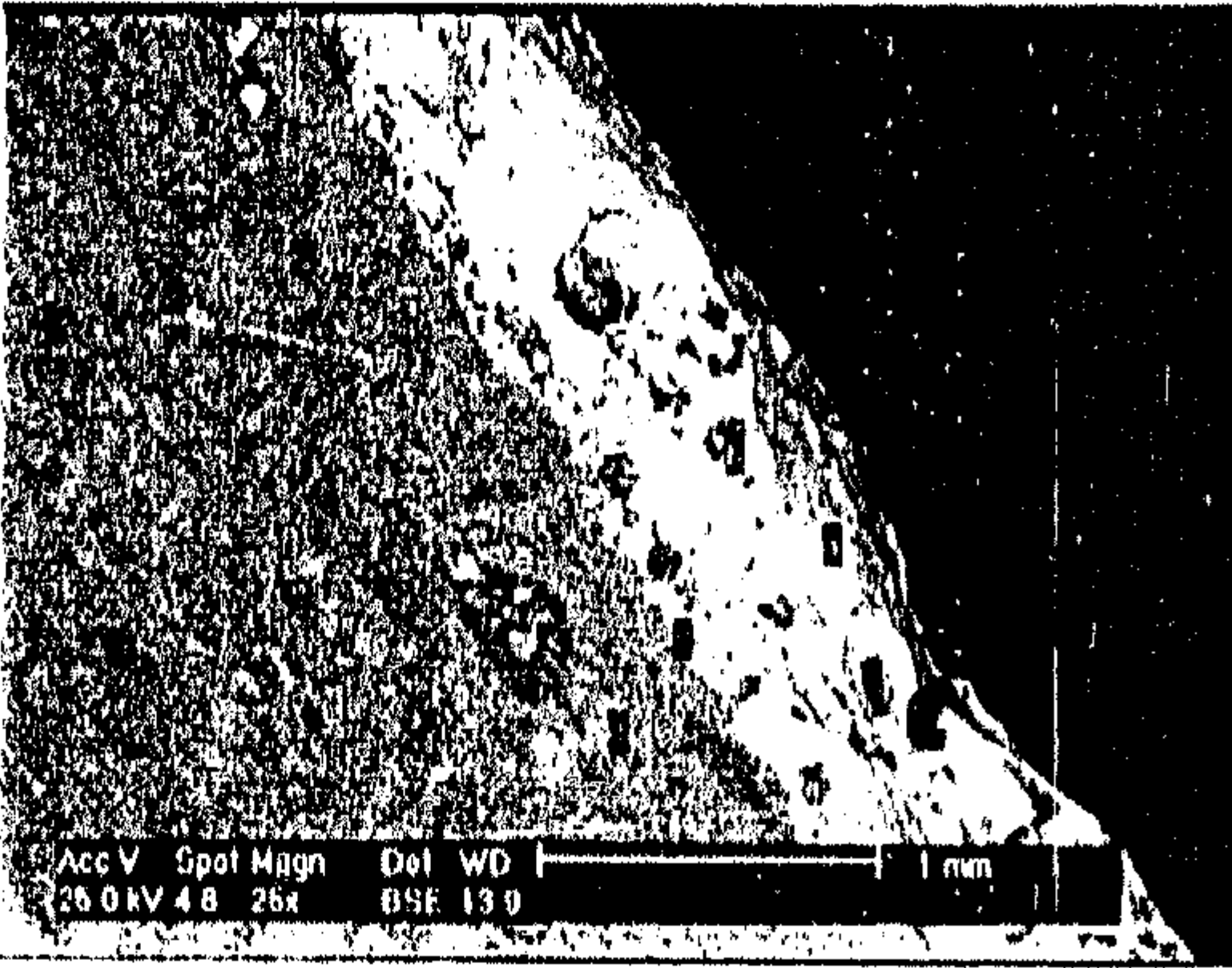




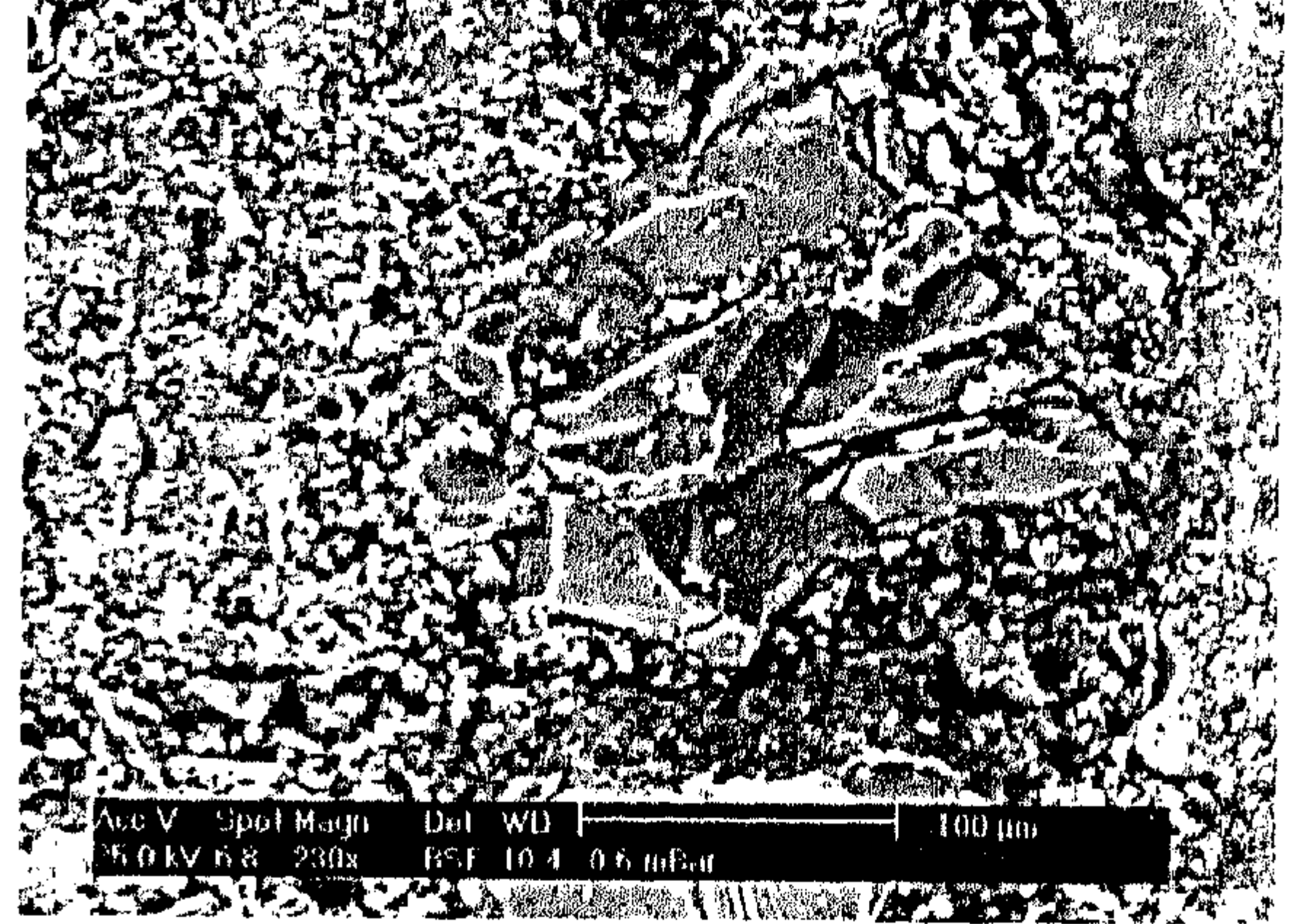
صورة رقم (٤٦) توضح تداخل حبيبات الكوارتز  
معا ، التكبير X١٥١



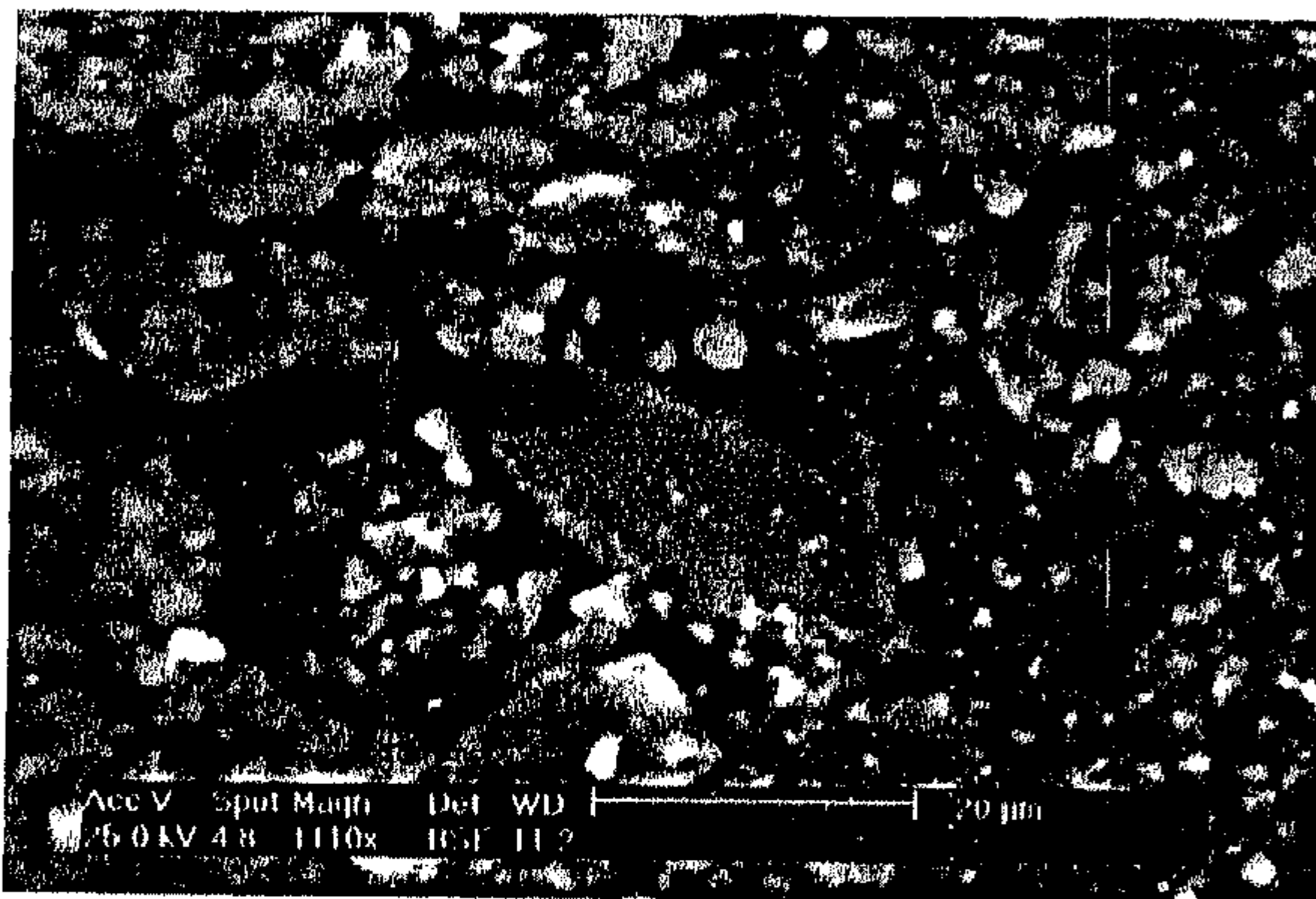
صورة رقم (٤٥) توضح التجانس في نسيج العينة ،  
التكبير X ٨٧٥



صورة رقم (٤٨) توضح طبقة التزجيج والبدن  
في العينة ، التكبير X ٢٥



صورة رقم (٤٧) توضح تجمع بعض حبيبات  
الكوارتز معا ، التكبير X ٢٣٠



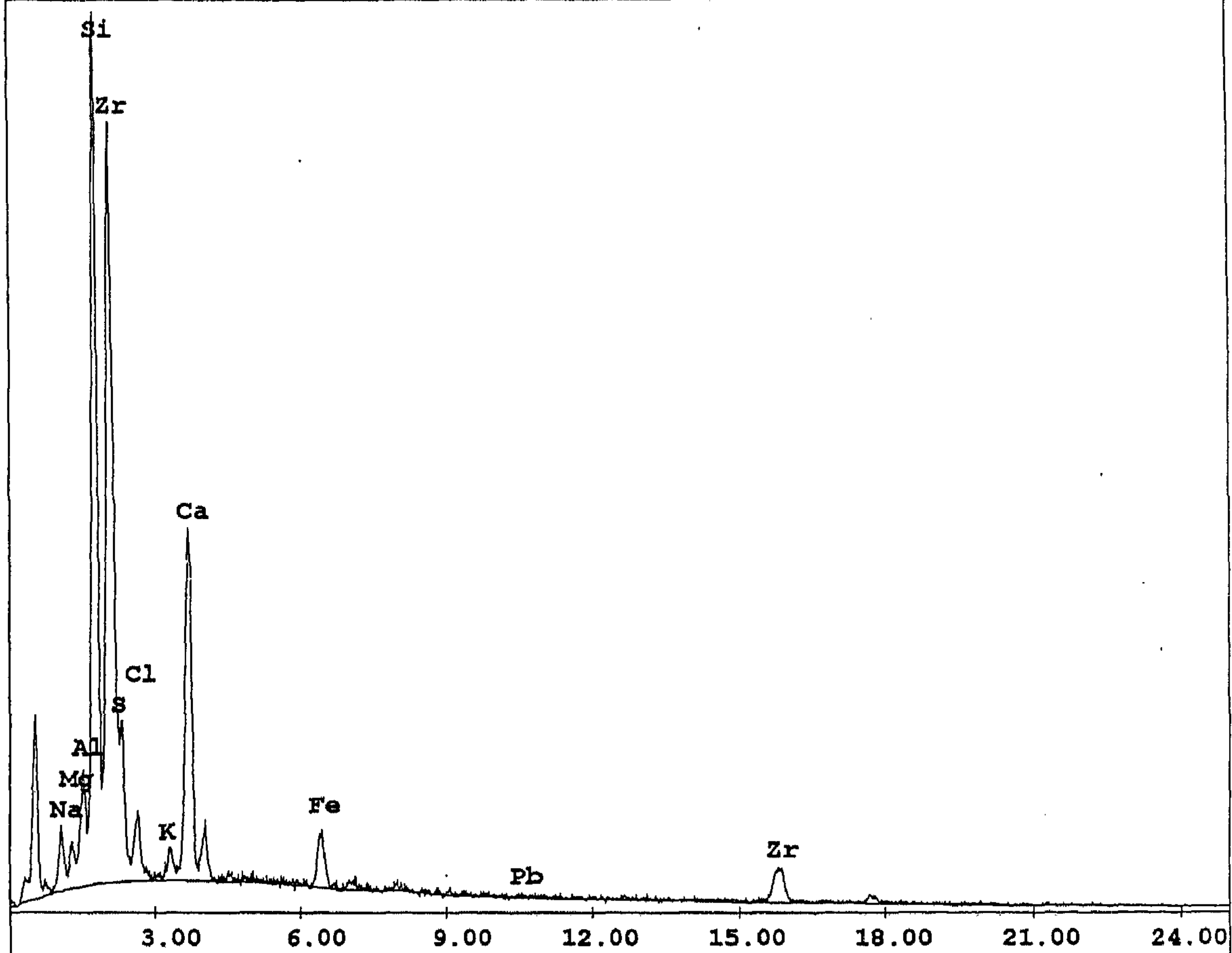
صورة رقم (٥٠) توضح إختلاف حجم حبيبات  
الكوارتز ، التكبير X ١١١٠



صورة رقم (٤٩) توضح تفاصيل اكبر لطبقة  
التزجيج ، التكبير X ٧٦



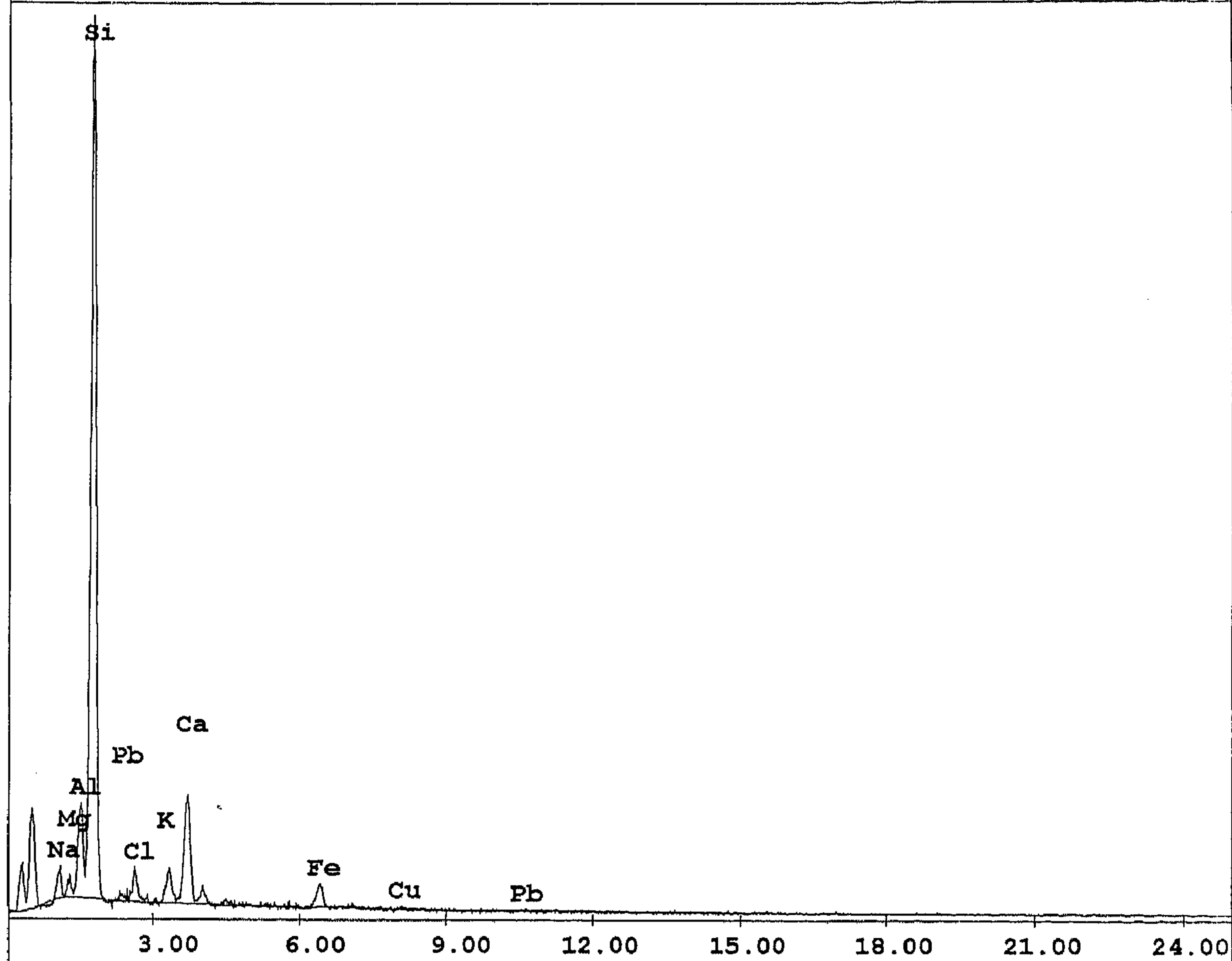




| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 2.63   | 5.43   | 1.0671 | 0.3071 | 1.0053 |
| MgK     | 1.46   | 2.85   | 1.0942 | 0.4110 | 1.0102 |
| AlK     | 2.82   | 4.95   | 1.0623 | 0.5320 | 1.0181 |
| SiK     | 18.84  | 31.79  | 1.0935 | 0.6306 | 1.0193 |
| S K     | 5.29   | 7.82   | 1.0851 | 0.3707 | 1.0035 |
| ClK     | 2.89   | 3.87   | 1.0532 | 0.4070 | 1.0040 |
| K K     | 1.04   | 1.27   | 1.0569 | 0.5820 | 1.0092 |
| CaK     | 11.44  | 13.53  | 1.0785 | 0.6604 | 1.0009 |
| FeK     | 3.18   | 2.70   | 0.9874 | 0.9127 | 1.0005 |
| PbL     | 1.32   | 0.30   | 0.7555 | 1.0308 | 1.0553 |
| ZrK     | 49.08  | 25.50  | 0.8852 | 1.0005 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٣١) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (٤) من الفسطاط

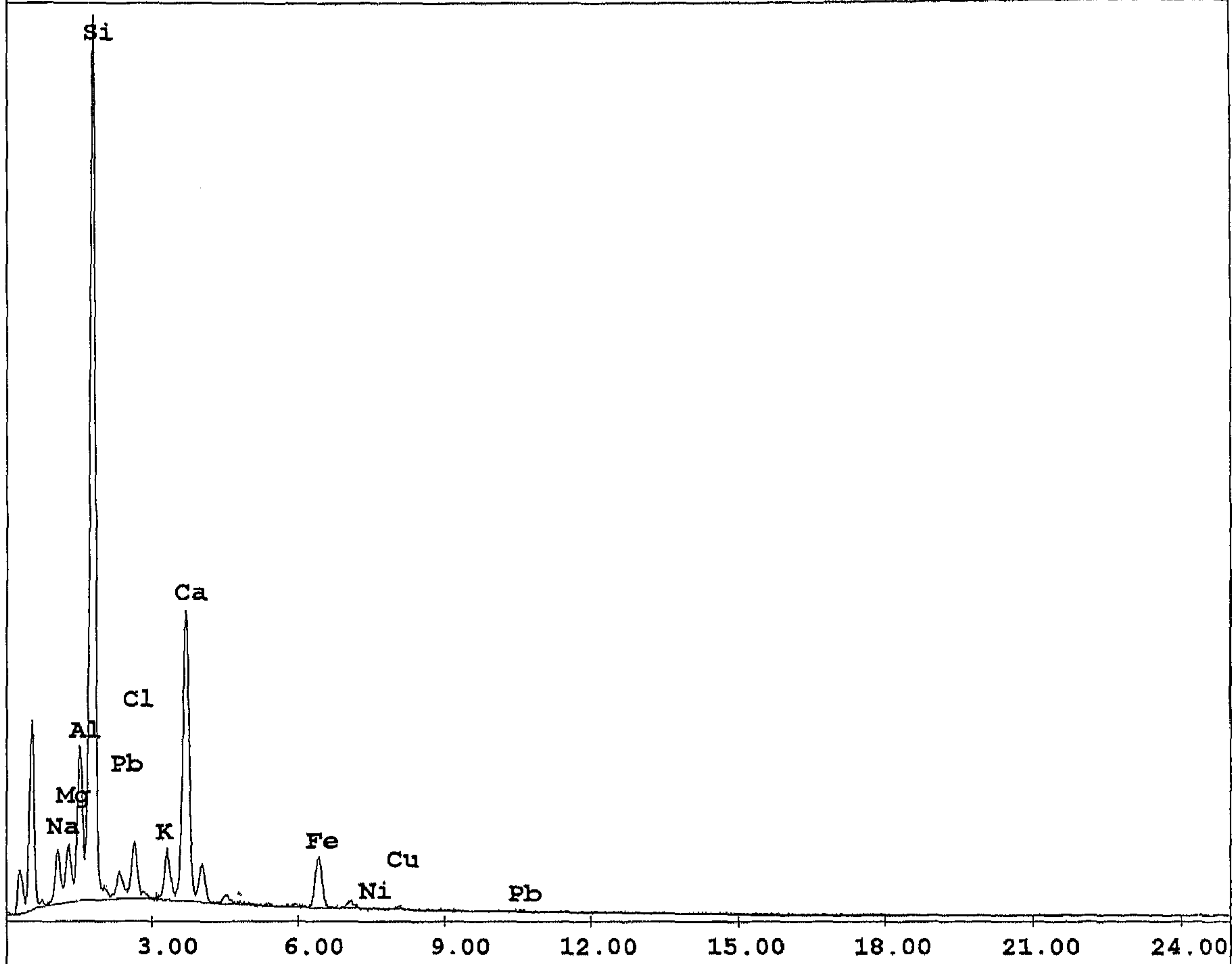




| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 3.42   | 4.46   | 0.9876 | 0.4298 | 1.0101 |
| MgK     | 1.51   | 1.85   | 1.0129 | 0.5423 | 1.0194 |
| AlK     | 6.86   | 7.61   | 0.9836 | 0.6698 | 1.0323 |
| SiK     | 65.29  | 69.62  | 1.0128 | 0.6970 | 1.0024 |
| ClK     | 3.20   | 2.71   | 0.9604 | 0.5449 | 1.0070 |
| K K     | 3.34   | 2.55   | 0.9645 | 0.7128 | 1.0134 |
| CaK     | 11.53  | 8.61   | 0.9877 | 0.7672 | 1.0018 |
| FeK     | 4.49   | 2.41   | 0.9054 | 0.9500 | 1.0007 |
| CuK     | 0.36   | 0.17   | 0.8775 | 0.9769 | 1.0000 |
| PbL     | 0.00   | 0.00   | 0.6821 | 1.0391 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٣٢) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (٧) من الفسطاط

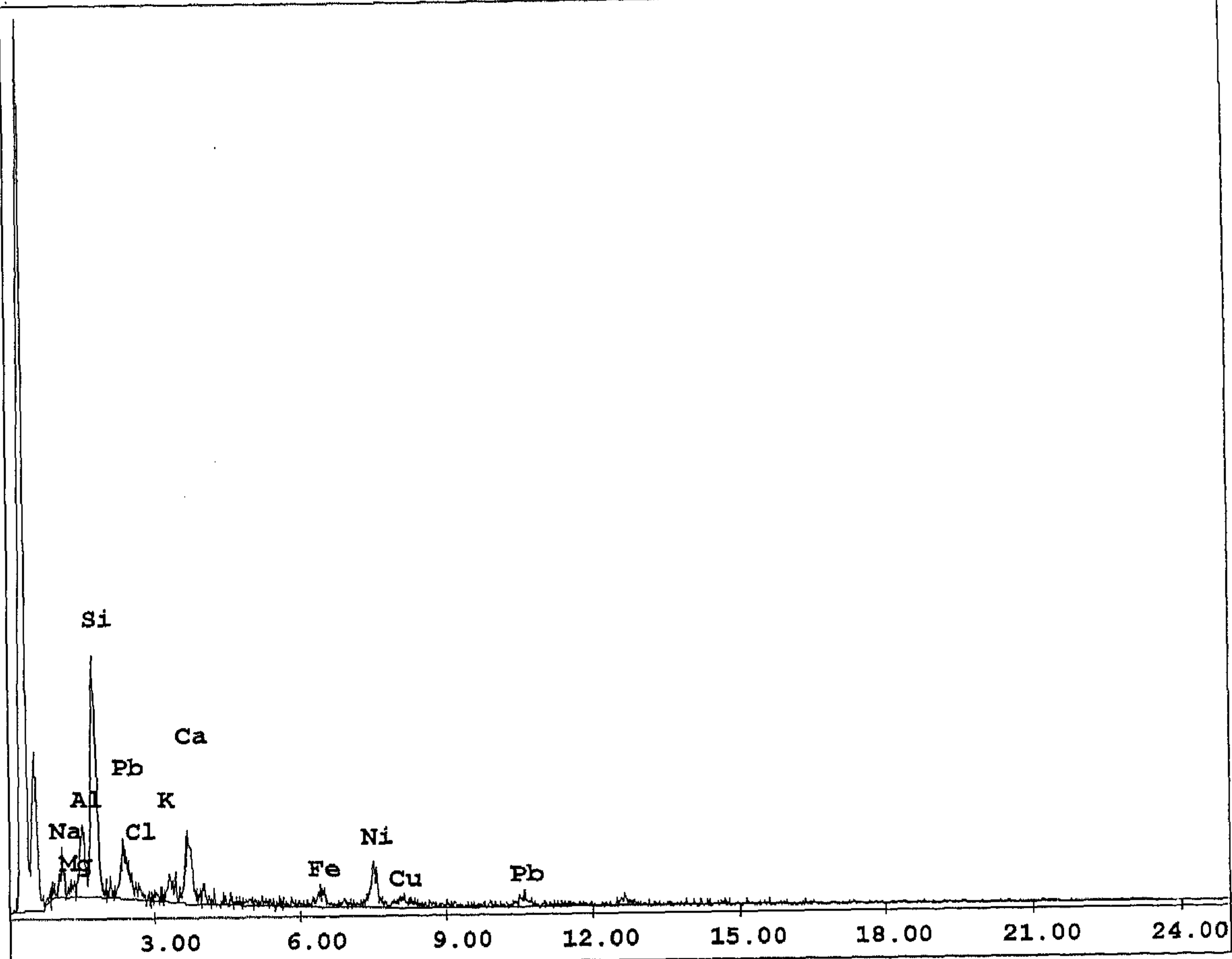




| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 4.87   | 6.67   | 0.9961 | 0.3657 | 1.0073 |
| MgK     | 3.83   | 4.95   | 1.0217 | 0.4587 | 1.0131 |
| AlK     | 8.35   | 9.74   | 0.9921 | 0.5581 | 1.0201 |
| SiK     | 48.14  | 53.93  | 1.0215 | 0.5960 | 1.0032 |
| ClK     | 4.02   | 3.57   | 0.9707 | 0.5736 | 1.0102 |
| K K     | 2.94   | 2.37   | 0.9747 | 0.7282 | 1.0219 |
| CaK     | 18.45  | 14.49  | 0.9976 | 0.7802 | 1.0025 |
| FeK     | 6.49   | 3.66   | 0.9144 | 0.9398 | 1.0021 |
| NiK     | 0.00   | 0.00   | 0.9301 | 0.9562 | 1.0022 |
| CuK     | 0.55   | 0.27   | 0.8868 | 0.9680 | 1.0032 |
| PbL     | 2.36   | 0.36   | 0.6905 | 1.0350 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٣٣) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (١١) من الفسطاط



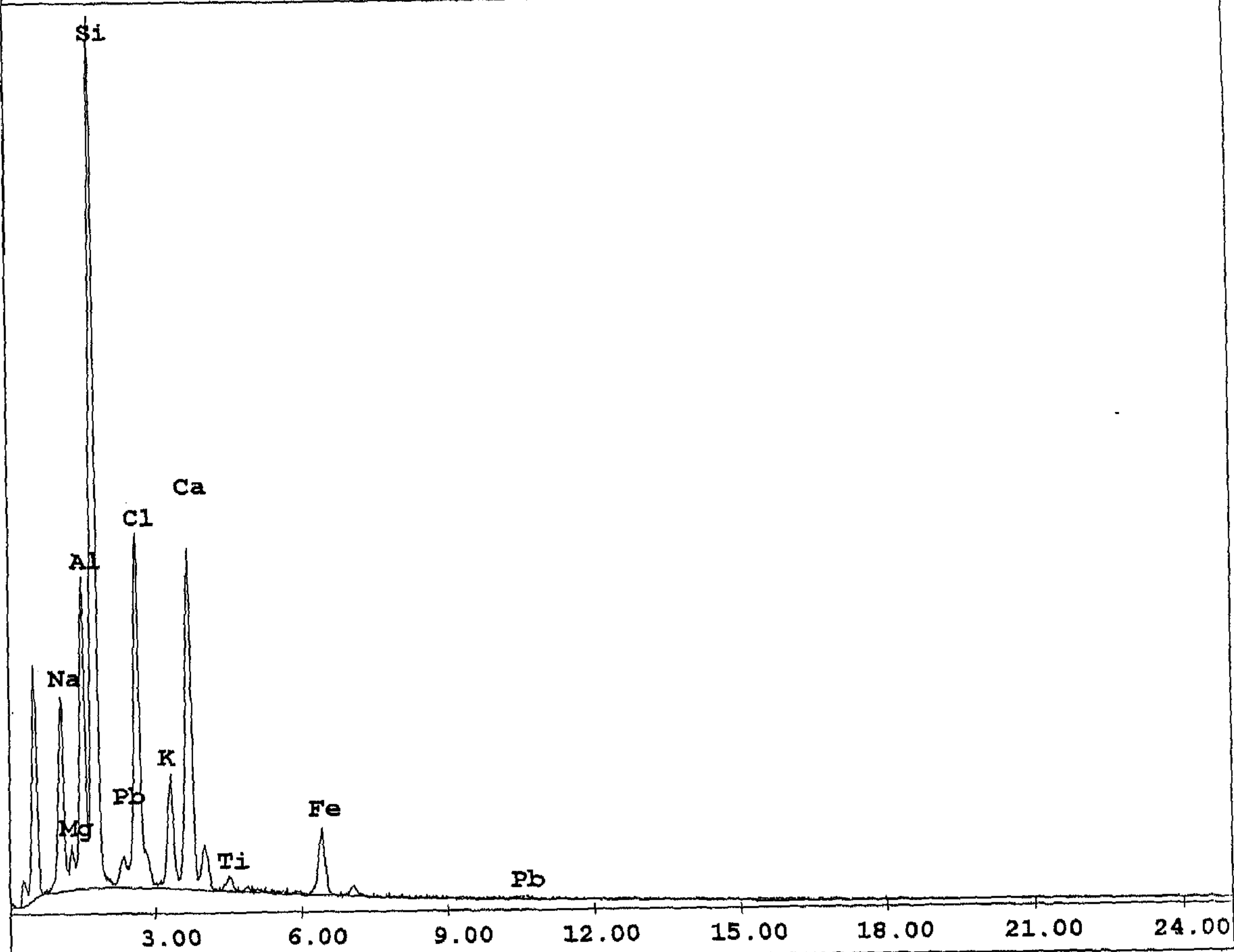


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 6.83   | 11.85  | 1.0404 | 0.2476 | 1.0035 |
| MgK     | 2.13   | 3.49   | 1.0669 | 0.3074 | 1.0064 |
| AlK     | 9.05   | 13.38  | 1.0359 | 0.4061 | 1.0087 |
| SiK     | 29.29  | 41.57  | 1.0664 | 0.4619 | 1.0013 |
| ClK     | 1.95   | 2.19   | 1.0268 | 0.4882 | 1.0048 |
| K K     | 2.96   | 3.02   | 1.0301 | 0.6405 | 1.0093 |
| CaK     | 8.32   | 8.27   | 1.0510 | 0.6945 | 1.0035 |
| FeK     | 3.61   | 2.57   | 0.9623 | 0.9236 | 1.0361 |
| NiK     | 10.33  | 7.01   | 0.9819 | 0.9504 | 1.0157 |
| CuK     | 3.99   | 2.50   | 0.9377 | 0.9629 | 1.0228 |
| PbL     | 21.53  | 4.14   | 0.7383 | 1.0204 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٣٤) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (١٣) من الفسطاط



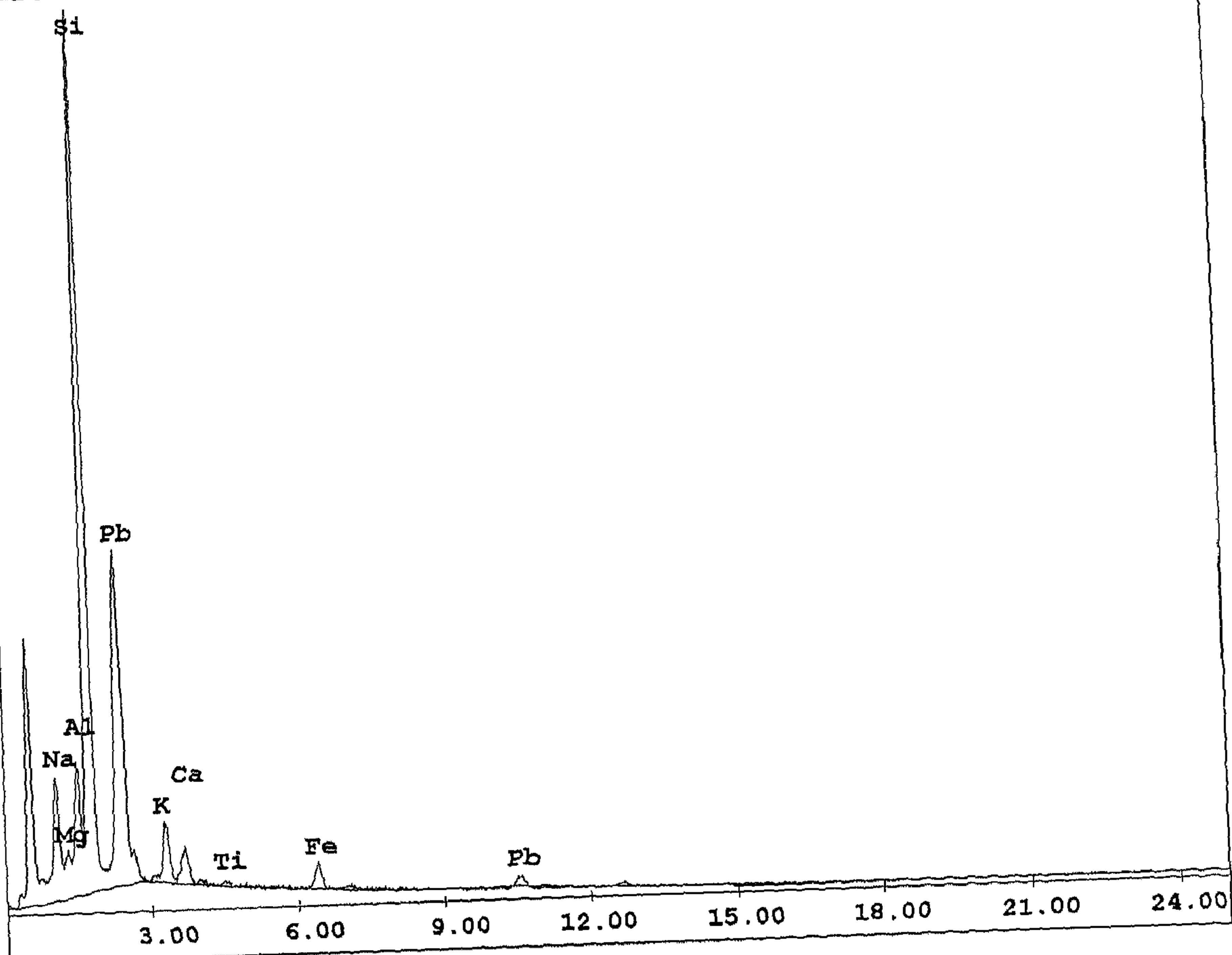




| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 10.73  | 14.64  | 1.0029 | 0.3783 | 1.0060 |
| MgK     | 2.03   | 2.62   | 1.0286 | 0.4171 | 1.0109 |
| AlK     | 11.19  | 13.01  | 0.9988 | 0.5371 | 1.0150 |
| SiK     | 33.88  | 37.83  | 1.0284 | 0.5523 | 1.0053 |
| ClK     | 15.09  | 13.34  | 0.9770 | 0.6215 | 1.0092 |
| K K     | 4.62   | 3.71   | 0.9811 | 0.7085 | 1.0162 |
| CaK     | 14.13  | 11.06  | 1.0042 | 0.7547 | 1.0025 |
| TiK     | 0.74   | 0.48   | 0.9193 | 0.8064 | 1.0042 |
| FeK     | 5.28   | 2.96   | 0.9205 | 0.9380 | 1.0011 |
| PbL     | 2.31   | 0.35   | 0.6949 | 1.0360 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٣٥) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (١٤) من الفسطاط





| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 10.42  | 14.35  | 1.0069 | 0.4283 | 1.0077 |
| MgK     | 3.70   | 4.82   | 1.0327 | 0.4519 | 1.0133 |
| AlK     | 8.25   | 9.68   | 1.0027 | 0.5464 | 1.0205 |
| SiK     | 54.25  | 61.17  | 1.0324 | 0.5839 | 1.0009 |
| K K     | 4.79   | 3.88   | 0.9886 | 0.6612 | 1.0033 |
| CaK     | 2.56   | 2.03   | 1.0109 | 0.7092 | 1.0015 |
| TiK     | 0.49   | 0.32   | 0.9243 | 0.8155 | 1.0027 |
| FeK     | 3.33   | 1.89   | 0.9263 | 0.9421 | 1.0058 |
| PbL     | 12.21  | 1.87   | 0.7035 | 1.0379 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٣٦) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للمنطقة المتوسطة بين البدن

والترجيح في العينة رقم (١٤) من الفسطاط



القطعة رقم (٣) من مجموعة المتحف الإسلامي بكلية الآثار.

وتوضح الصورة رقم (٥١) حالة الضعف الذي يظهر في البدن ويتفق ما نلاحظه في الصورة مع شكل القطعة حيث أن التشوه قد حدث في أجزاء متفرقة من القطعة .

ثانيا: استخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح في دراسة التزجيج

لقد تم عمل تحاليل لتزجيجات المسارج المختلفة ، وبالتالي تم استخدام عينات تزجيج من عينات الفسواط وعينات ثم الحصول عليها من مجموعة المسارج قيد الدراسة بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار وفيما أهم النتائج التي تم الحصول عليها :

أولا: المجموعة الأولى (الفسطاط) :

- عينة التزجيج من العينة رقم (٣) من الفسطاط

وتتميز هذه القطعة باللون الأخضر القاتم وتتشابه معها القطعة رقم (١٣) من مجموعة المتحف وقد أظهرت نتائج التحليل كما يظهر في الشكل رقم (٣٧) ارتفاع نسبة الرصاص مقارنة بنسبة السليكا ، ما يدل على استخدام أكسيد الرصاص كمادة مصهره . أما بالنسبة لمصدر اللون فقد يرجع إلى وجود أكسيد النحاس والحديد مع التزجيج الرصاصي في الجوالموكسد .

- عينة تزجيج من العينة رقم (٤) من الفسطاط

وتتميز هذه القطعة باللون الأخضر ويوضح الشكل رقم (٣٨) نتائج التحليل حيث يظهر ارتفاع نسبة الرصاص وانخفاض نسبة السليكا واستخدام كل من أكسيد النحاس والحديد كمصدر للون الأخضر كذلك وجود بعض الأكاسيد القلوية مثل الصوديوم والبوتاسيوم .

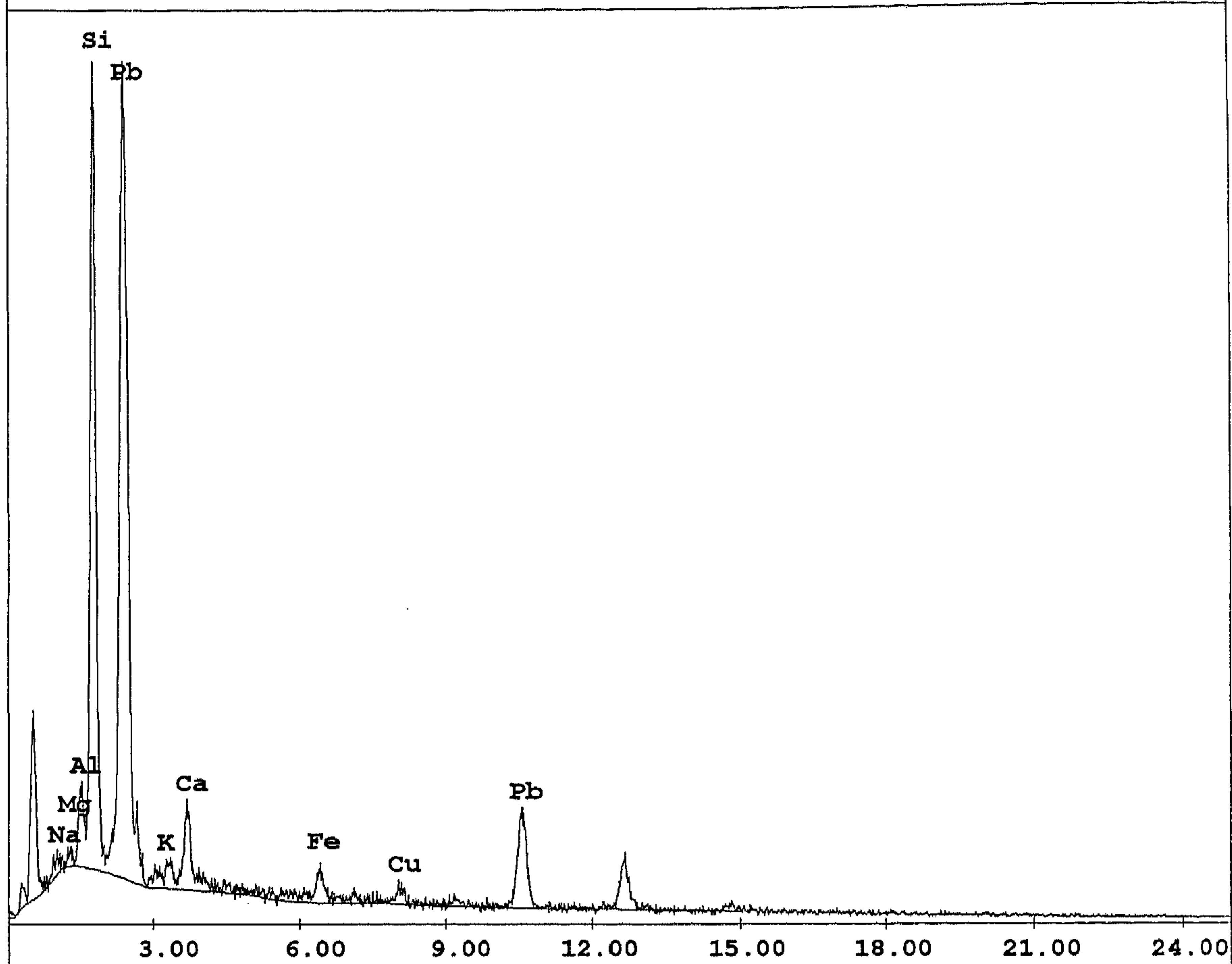
- عينة تزجيج من العينة رقم (٧) من الفسطاط

تتميز هذه العينة باللون التركوازي وتتشابه معها القطع أرقام (٨) و (١٢) و (١٥) بالمتحف في اللون ويظهر نتائج التحليل في الشكل رقم (٣٩) حيث نلاحظ ارتفاع نسبة الرصاص ، أما مصدر اللون التركوازي فيرجع إلى أكاسيد النحاس والحديد وبعض أكاسيد البوتاسيوم والصوديوم .

- عينة تزجيج العينة رقم (١١) من الفسطاط

هذه الكسرة لونها أخضر فاتح ويتشابه في لونها مع القطعة رقم (٩) و (١٤) بالمتحف، ويظهر نتائج التحاليل في الشكل رقم (٤٠) حيث نلاحظ الانخفاض النسبي للرصاص وارتفاع نسبة الحديد الذي يعزى إليها مصدر اللون الأخضر الفاتح .





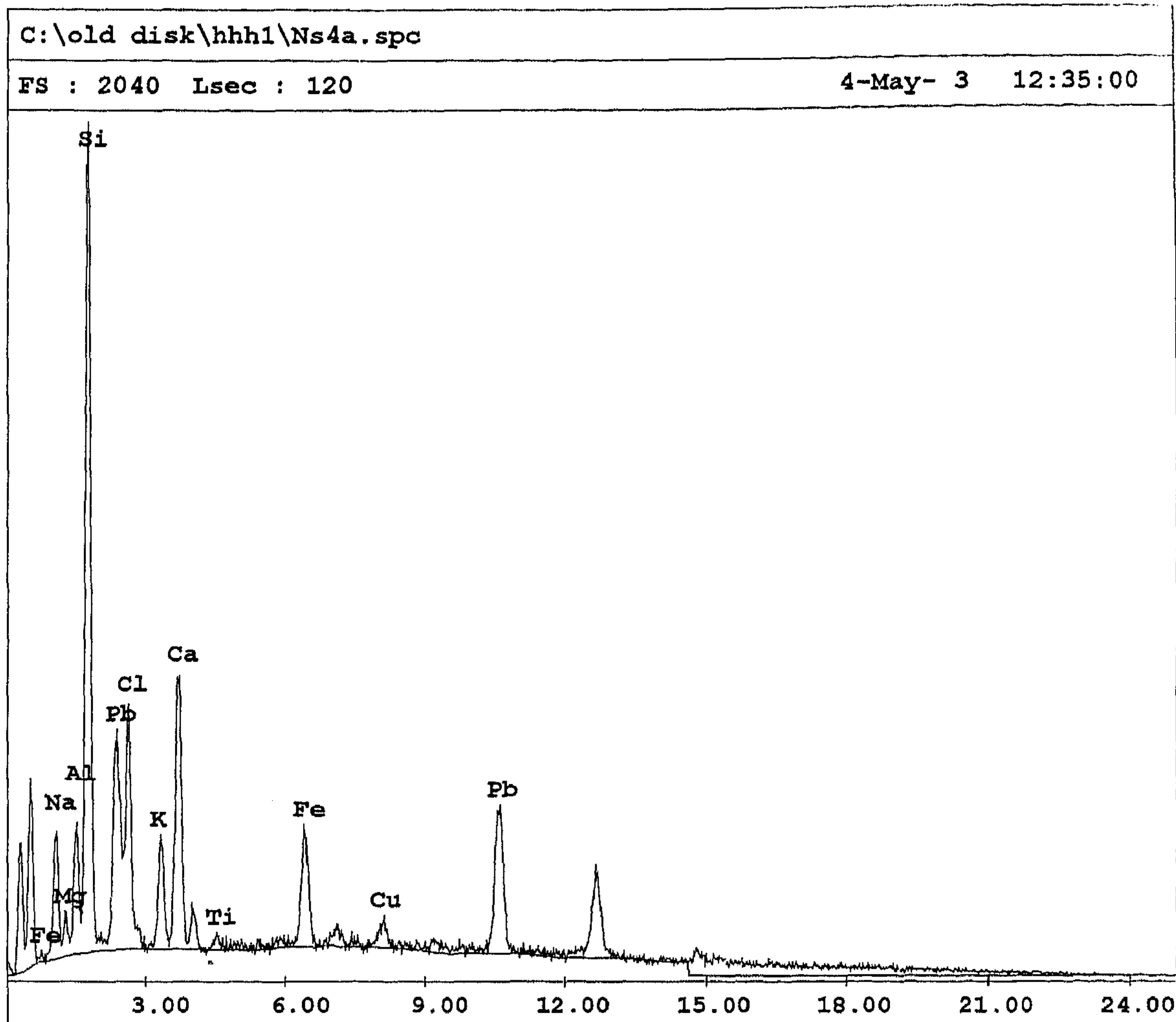
| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 0.68   | 1.79   | 1.1109 | 0.2497 | 1.0027 |
| MgK     | 0.90   | 2.25   | 1.1390 | 0.3304 | 1.0050 |
| AlK     | 3.24   | 7.28   | 1.1055 | 0.4287 | 1.0082 |
| SiK     | 27.31  | 59.04  | 1.1376 | 0.5155 | 1.0004 |
| K K     | 1.39   | 2.16   | 1.1240 | 0.5042 | 1.0028 |
| CaK     | 3.93   | 5.95   | 1.1400 | 0.5636 | 1.0007 |
| FeK     | 2.39   | 2.60   | 1.0415 | 0.8690 | 1.0185 |
| CuK     | 1.95   | 1.87   | 1.0239 | 0.9330 | 1.0508 |
| PbL     | 58.21  | 17.06  | 0.8224 | 1.0168 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٣٧) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من العينة

رقم (٣) من الفسقاط





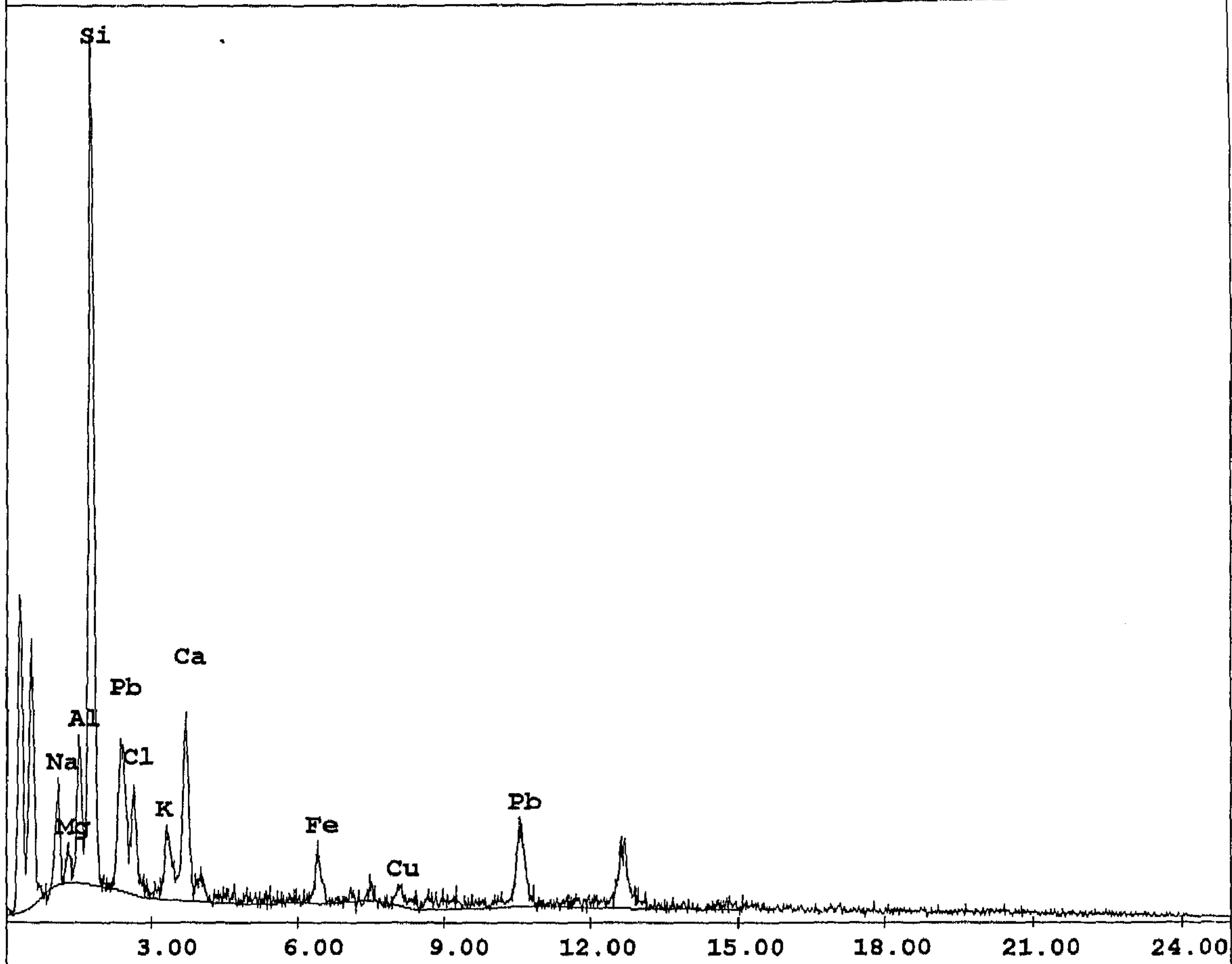


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 5.24   | 12.91  | 1.1022 | 0.2455 | 1.0019 |
| MgK     | 1.13   | 2.63   | 1.1300 | 0.3069 | 1.0034 |
| AlK     | 2.94   | 6.17   | 1.0969 | 0.4035 | 1.0055 |
| SiK     | 16.26  | 32.80  | 1.1288 | 0.4955 | 1.0017 |
| ClK     | 6.87   | 10.98  | 1.1085 | 0.4117 | 1.0030 |
| K K     | 2.91   | 4.22   | 1.1104 | 0.5274 | 1.0052 |
| CaK     | 6.94   | 9.81   | 1.1275 | 0.5819 | 1.0014 |
| TiK     | 0.38   | 0.45   | 1.0225 | 0.6894 | 1.0028 |
| FeK     | 4.55   | 4.62   | 1.0306 | 0.8731 | 1.0164 |
| CuK     | 1.58   | 1.41   | 1.0114 | 0.9324 | 1.0449 |
| PbL     | 51.20  | 14.00  | 0.8092 | 1.0170 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٣٨) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترزيج من العينة

رقم (٤) من الفسقاط



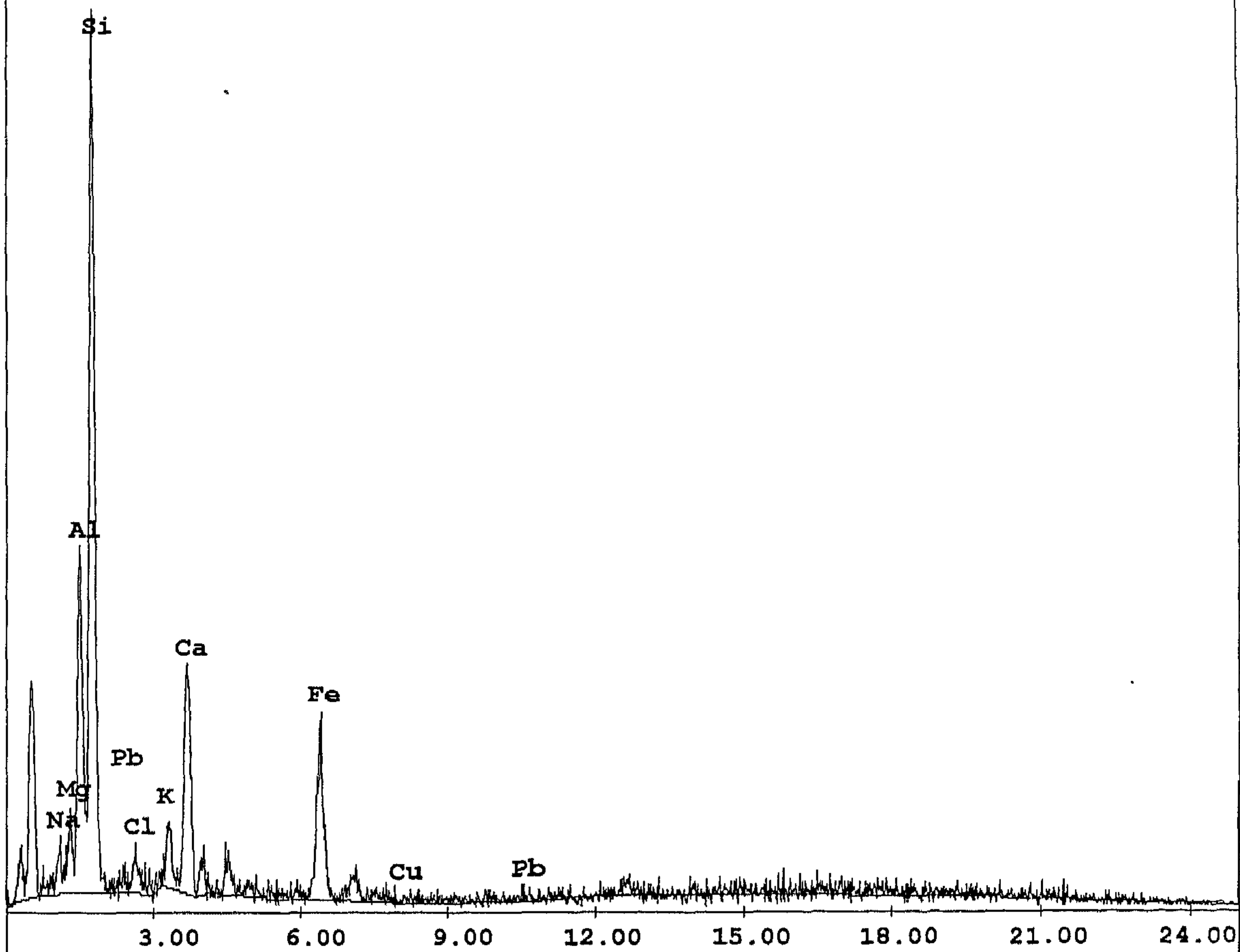


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 5.01   | 10.72  | 1.0786 | 0.2714 | 1.0030 |
| MgK     | 1.41   | 2.85   | 1.1060 | 0.3372 | 1.0054 |
| AlK     | 4.59   | 8.36   | 1.0736 | 0.4377 | 1.0085 |
| SiK     | 25.80  | 45.17  | 1.1050 | 0.5175 | 1.0014 |
| ClK     | 4.69   | 6.51   | 1.0786 | 0.4201 | 1.0030 |
| K K     | 2.88   | 3.62   | 1.0810 | 0.5476 | 1.0051 |
| CaK     | 6.82   | 8.37   | 1.0992 | 0.6031 | 1.0009 |
| FeK     | 2.83   | 2.50   | 1.0053 | 0.8852 | 1.0159 |
| CuK     | 1.86   | 1.44   | 0.9845 | 0.9421 | 1.0423 |
| PbL     | 44.11  | 10.47  | 0.7841 | 1.0213 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٣٩) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من العينة

رقم (٧) من الفسطاط





| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 3.09   | 4.57   | 1.0134 | 0.3050 | 1.0060 |
| MgK     | 3.73   | 5.21   | 1.0393 | 0.4033 | 1.0107 |
| AlK     | 14.01  | 17.64  | 1.0092 | 0.5015 | 1.0137 |
| SiK     | 40.16  | 48.58  | 1.0390 | 0.5025 | 1.0019 |
| ClK     | 1.98   | 1.90   | 0.9914 | 0.5358 | 1.0068 |
| K K     | 2.93   | 2.55   | 0.9952 | 0.6987 | 1.0139 |
| CaK     | 10.38  | 8.80   | 1.0176 | 0.7519 | 1.0053 |
| FeK     | 14.60  | 8.88   | 0.9325 | 0.9436 | 1.0051 |
| CuK     | 0.99   | 0.53   | 0.9056 | 0.9566 | 1.0095 |
| PbL     | 8.12   | 1.33   | 0.7076 | 1.0294 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٤٠) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من العينة

رقم (١١) من الفسقاط



#### - عينة تزجيج من العينة رقم (١٣) من الفسطاط

تتميز هذه الكسرة باللون الأخضر . ويوضح شكل رقم (٤١) نتائج التحليل حيث يظهر انخفاض نسبة الرصاص وإرتفاع نسبة الحديد الذى يعزى إليه اللون الأخضر بالإضافة إلى وجود أكسيد النحاس والحديد ، ويساعد الحديد فى زيادة بريق ولمعان التزجيج .

#### - عينة تزجيج من العينة رقم (١٤) من الفسطاط

تتشابه هذه العينة فى لونها مع القطعة رقم (٥) من مجموعة المتحف حيث تتميز باللون التركوازى ، وتوضح الأشكال أرقام (٤٢) و (٤٣) و (٤٤) نتائج التحليل لأجزاء مختلفة من طبقة التزجيج السطحية التى تتميز بإرتفاع نسبة الحديد الذى يعزى إليه اللون التركوازى فى الجو المختزل . بينما يوضح الشكل رقم (٤٥) نتائج التحاليل التى تمت لطبقة التزجيج الداخلية التى تتميز بإنخفاض نسبة الرصاص .

#### ثانياً: المجموعة الثانية (المتحف الاسلامي بكلية الآثار)

#### - عينة تزجيج من القطعة رقم (١)

تتميز هذه القطعة بوجود أكاسيد الحديد والنحاس بالإضافة إلى أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم الذى يظهر فى الشكل رقم (٤٦) وإلى ذلك يرجع مصدر اللون الأحمر والأخضر الذى ينتشر فى مناطق مختلفة من القطعة .

#### - عينة تزجيج من القطعة رقم (٢) من مجموعة المتحف

تتميز هذه القطعة باللون الأخضر ويوضح الشكل رقم (٤٧) نتائج التحليل التى تظهر ارتفاع نسبة الرصاص وانخفاض السليكا ويرجع اللون الأخضر الى أكسيد النحاس الذى يوجد بنسبة كبيرة ، ويظهر هذا اللون فى الجو المؤكسد فى حالة تزجيجات الرصاص .

#### - عينة تزجيج من القطعة رقم (٣) من مجموعة المتحف

نلاحظ فى هذه القطعة اللون التركوازى الذى يرجع إلى ارتفاع نسبة أكسيد النحاس والحديد، ويوضح الشكل رقم (٤٨) انخفاض نسبة الرصاص .

#### - عينات تزجيج من القطعة رقم (٤)

تعد هذه القطعة نموذجاً جيداً لعيوب الصناعة حيث نلاحظ انتشار الفقاعات فى التزجيج ووجود درجات لونية مختلفة ، وبالرجوع إلى نتائج التحليل فى الأشكال أرقام (٤٩) و (٥٠) و (٥١)





و(٥٢) حيث نلاحظ ثبات السليكا تقريبا والتفاوت فى نسبة الرصاص وكذلك وجود الكالسيوم بنسب متفاوتة ، مما يدل على عدم التجانس فى نسبة المواد الخام .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (٦)

تتميز هذه القطعة باللون الأخضر الزيتونى. ويوضح الشكل رقم (٥٣) نتائج التحليل التى أثبتت إرتفاع نسبة الرصاص ،و يرجع هذا اللون إلى وجود أكاسيد النحاس والحديد .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (٧)

تتميز هذه القطعة باللون الأخضر القاتم ويوضح الشكل رقم (٥٤) نتائج التحليل التى أثبتت إرتفاع نسبة الرصاص والكالسيوم ويعزى اللون إلى وجود أكسيد النحاس والحديد .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (١٠)

تتميز هذه القطعة باللون الأخضر ويوضح الشكل رقم (٥٥) نتائج التحليل حيث نلاحظ إرتفاع نسبة الرصاص ، ويرجع مصدر اللون فى التزجيج إلى وجود أكسيد النحاس والحديد .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (١١)

نلاحظ فى هذه القطعة إنخفاض نسبة الرصاص وإرتفاع نسبة الحديد والنحاس والى ذلك يرجع مصدر اللون التركوازى ويوضح الشكل رقم (٥٦) نتائج التحليل .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (١٧)

تتميز هذه القطعة باللون البرتقالى ، ويوضح الشكل رقم (٥٧) نتائج التحليل حيث نلاحظ انخفاض نسبة السليكا وارتفاع نسبة الرصاص ، ويرجع اللون البرتقالى إلى وجود أكسيد الحديد بنسبة منخفضة مع وجود الرصاص فى التزجيج وظروف جو مؤكسد . وقد يعود وجود الفوسفات إلى استخدام مسحوق العظم bone ash فى التزجيج .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (١٩)

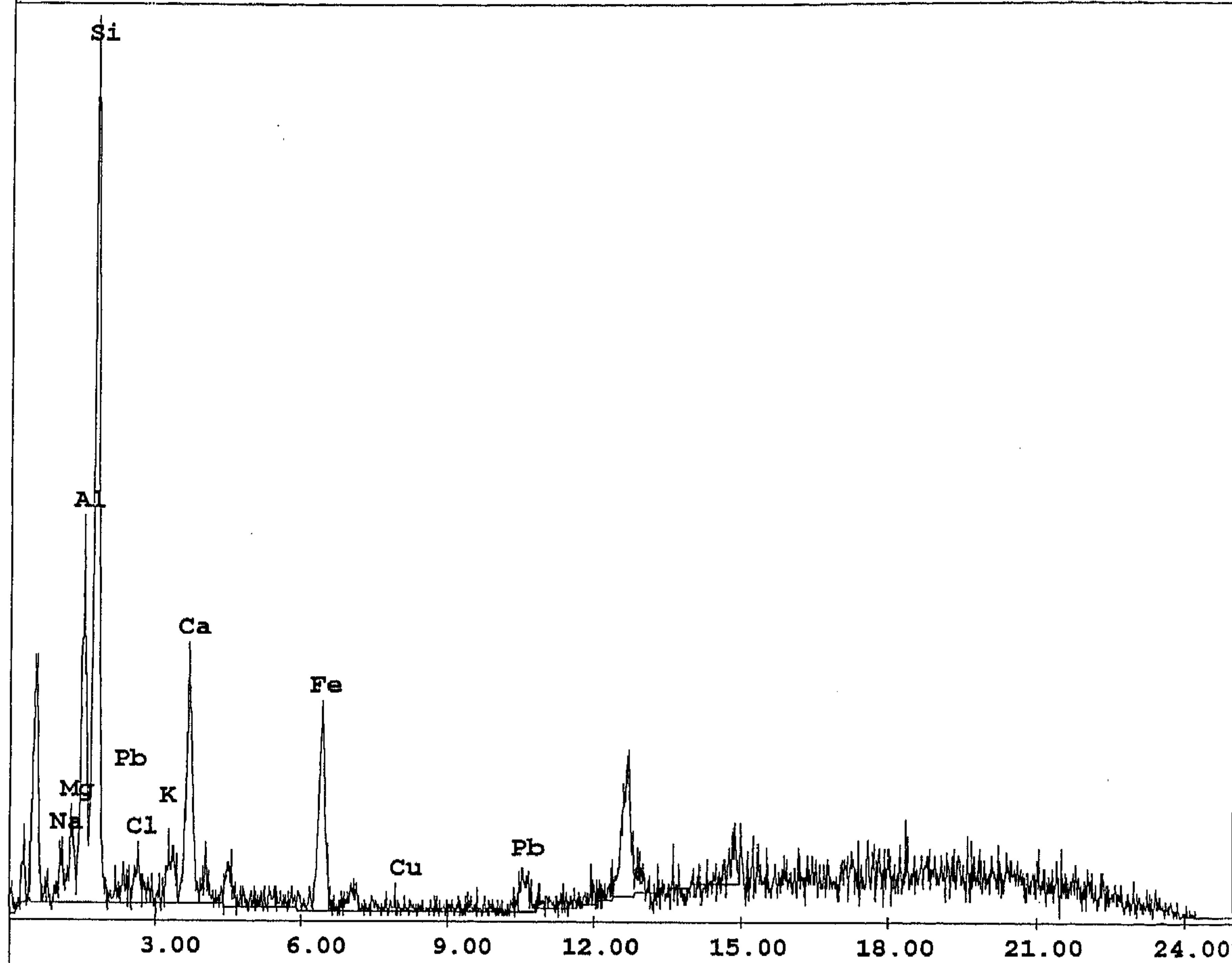
تتميز هذه القطعة باللون الأخضر . ويوضح الشكل رقم (٥٨) نتائج التحليل حيث يظهر إرتفاع نسبة الرصاص . وقد يرجع اللون الأخضر إلى إستخدام أكسيد الحديد فى الجو المؤكسد مع تزجيج الرصاص .



C:\old disk\hhh1\Ns11b.spc

FS : 220 Lsec : 60

4-May- 3 13:14:44

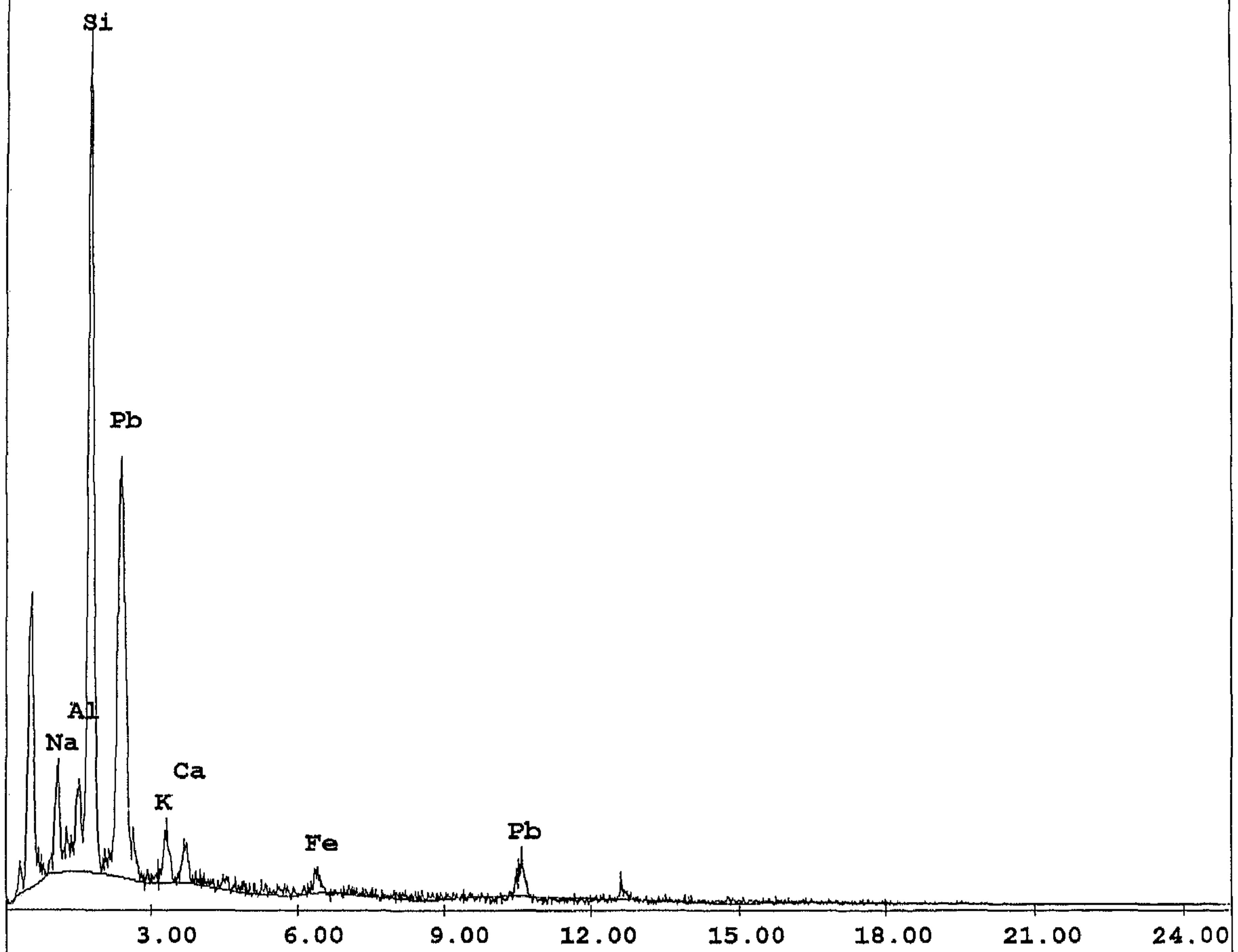


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 2.94   | 5.14   | 1.0434 | 0.2760 | 1.0044 |
| MgK     | 3.60   | 5.95   | 1.0700 | 0.3630 | 1.0077 |
| AlK     | 11.86  | 17.66  | 1.0389 | 0.4551 | 1.0096 |
| SiK     | 30.57  | 43.73  | 1.0695 | 0.4823 | 1.0014 |
| ClK     | 2.12   | 2.40   | 1.0310 | 0.4753 | 1.0046 |
| K K     | 2.37   | 2.44   | 1.0342 | 0.6246 | 1.0091 |
| CaK     | 8.17   | 8.19   | 1.0549 | 0.6814 | 1.0038 |
| FeK     | 12.74  | 9.16   | 0.9658 | 0.9183 | 1.0099 |
| CuK     | 0.81   | 0.51   | 0.9415 | 0.9458 | 1.0254 |
| PbL     | 24.81  | 4.81   | 0.7421 | 1.0243 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٤١) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من العينة

رقم (١٣) من الفسطاط





| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 9.06   | 15.77  | 1.0468 | 0.3339 | 1.0048 |
| AlK     | 5.26   | 7.80   | 1.0422 | 0.4981 | 1.0150 |
| SiK     | 43.26  | 61.63  | 1.0728 | 0.5680 | 1.0006 |
| K K     | 3.78   | 3.87   | 1.0407 | 0.5800 | 1.0023 |
| CaK     | 2.63   | 2.63   | 1.0605 | 0.6331 | 1.0007 |
| FeK     | 2.59   | 1.85   | 0.9708 | 0.9077 | 1.0120 |
| PbL     | 33.43  | 6.46   | 0.7497 | 1.0292 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

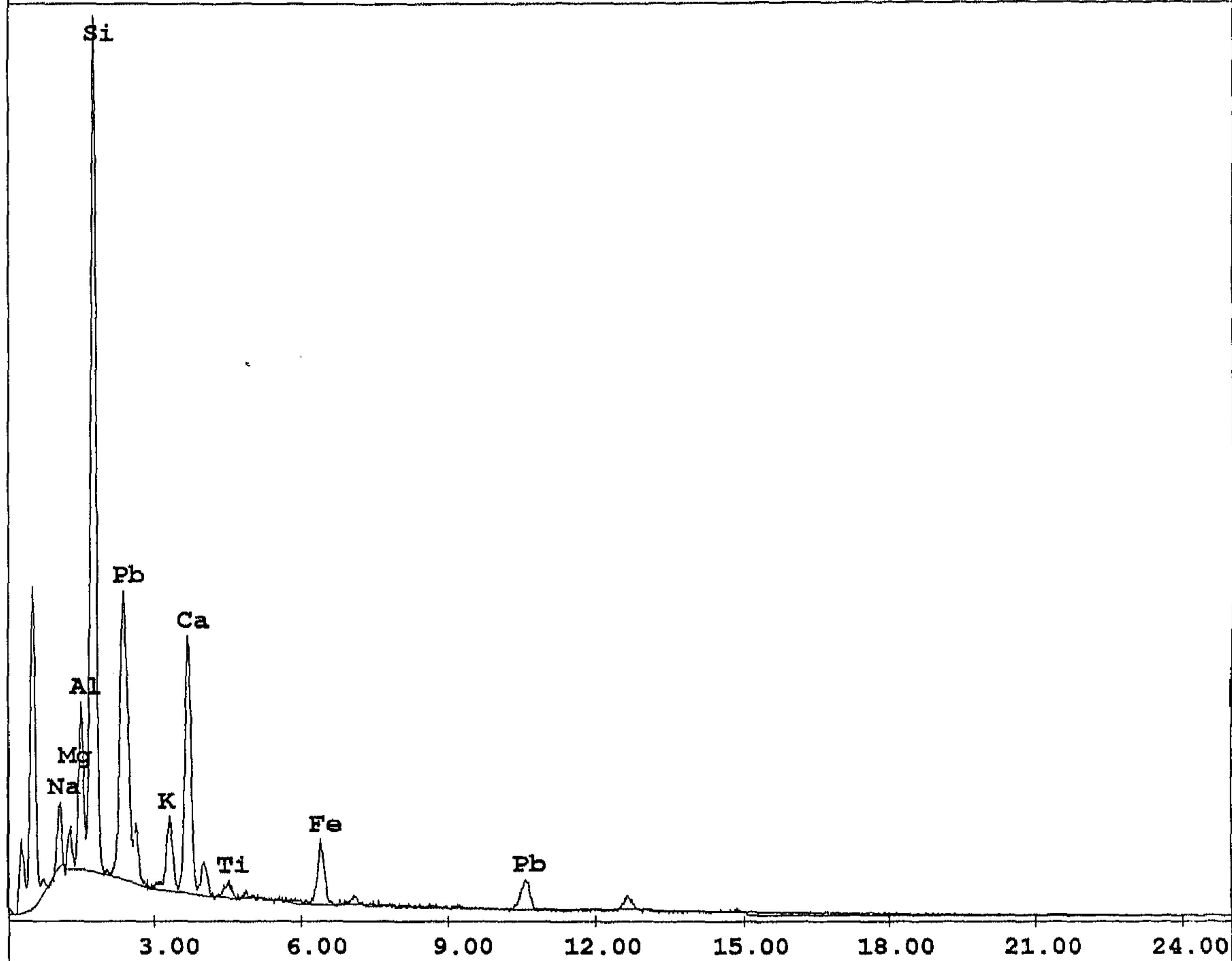
شكل رقم (٤٢) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من العينة  
رقم (١٤) من الفسطاط



C:\old disk\hhh1\Ns14b.spc

FS : 6129 Lsec : 111

4-May- 3 10:47:55



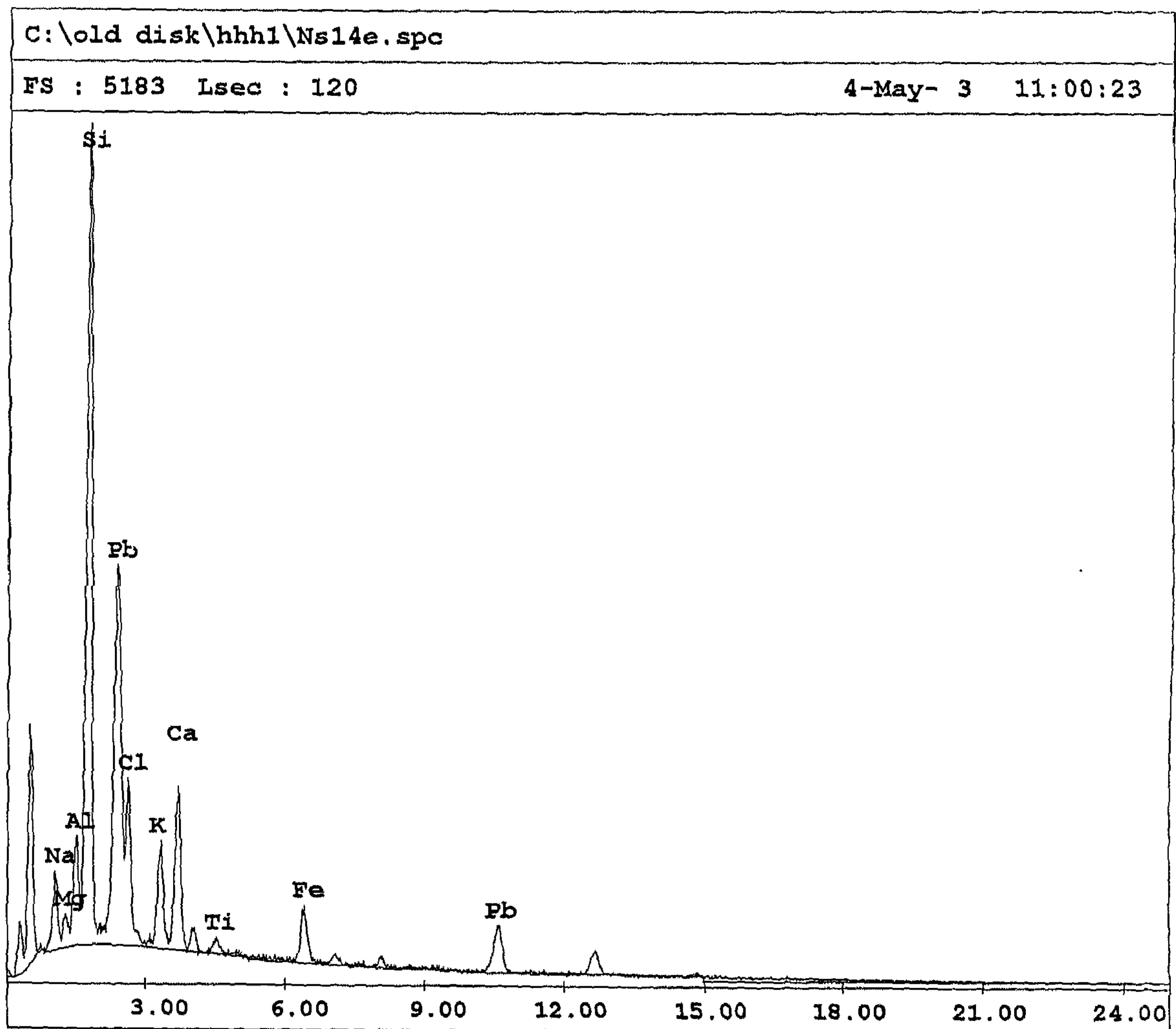
| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 4.55   | 7.86   | 1.0380 | 0.3023 | 1.0046 |
| MgK     | 2.11   | 3.45   | 1.0644 | 0.3827 | 1.0084 |
| AlK     | 7.00   | 10.31  | 1.0334 | 0.4882 | 1.0128 |
| SiK     | 36.40  | 51.51  | 1.0638 | 0.5469 | 1.0016 |
| K K     | 3.67   | 3.73   | 1.0290 | 0.6277 | 1.0123 |
| CaK     | 13.47  | 13.36  | 1.0495 | 0.6779 | 1.0022 |
| TiK     | 1.00   | 0.83   | 0.9567 | 0.7484 | 1.0035 |
| FeK     | 5.48   | 3.90   | 0.9609 | 0.9059 | 1.0092 |
| PbL     | 26.32  | 5.05   | 0.7387 | 1.0271 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٤٣) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لجزء آخر من عينة التزجيج

رقم (١٤) من الفسقاط







| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 4.88   | 9.23   | 1.0563 | 0.2922 | 1.0037 |
| MgK     | 1.71   | 3.05   | 1.0831 | 0.3664 | 1.0068 |
| AlK     | 4.32   | 6.96   | 1.0516 | 0.4713 | 1.0110 |
| SiK     | 29.64  | 45.87  | 1.0824 | 0.5533 | 1.0024 |
| ClK     | 8.43   | 10.33  | 1.0489 | 0.4605 | 1.0044 |
| K K     | 4.89   | 5.43   | 1.0517 | 0.5792 | 1.0063 |
| CaK     | 7.45   | 8.08   | 1.0713 | 0.6278 | 1.0016 |
| TiK     | 0.80   | 0.73   | 0.9753 | 0.7290 | 1.0025 |
| FeK     | 4.17   | 3.24   | 0.9805 | 0.8956 | 1.0111 |
| PbL     | 33.70  | 7.07   | 0.7582 | 1.0251 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٤٤) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لجزء آخر من عينة التزجيج

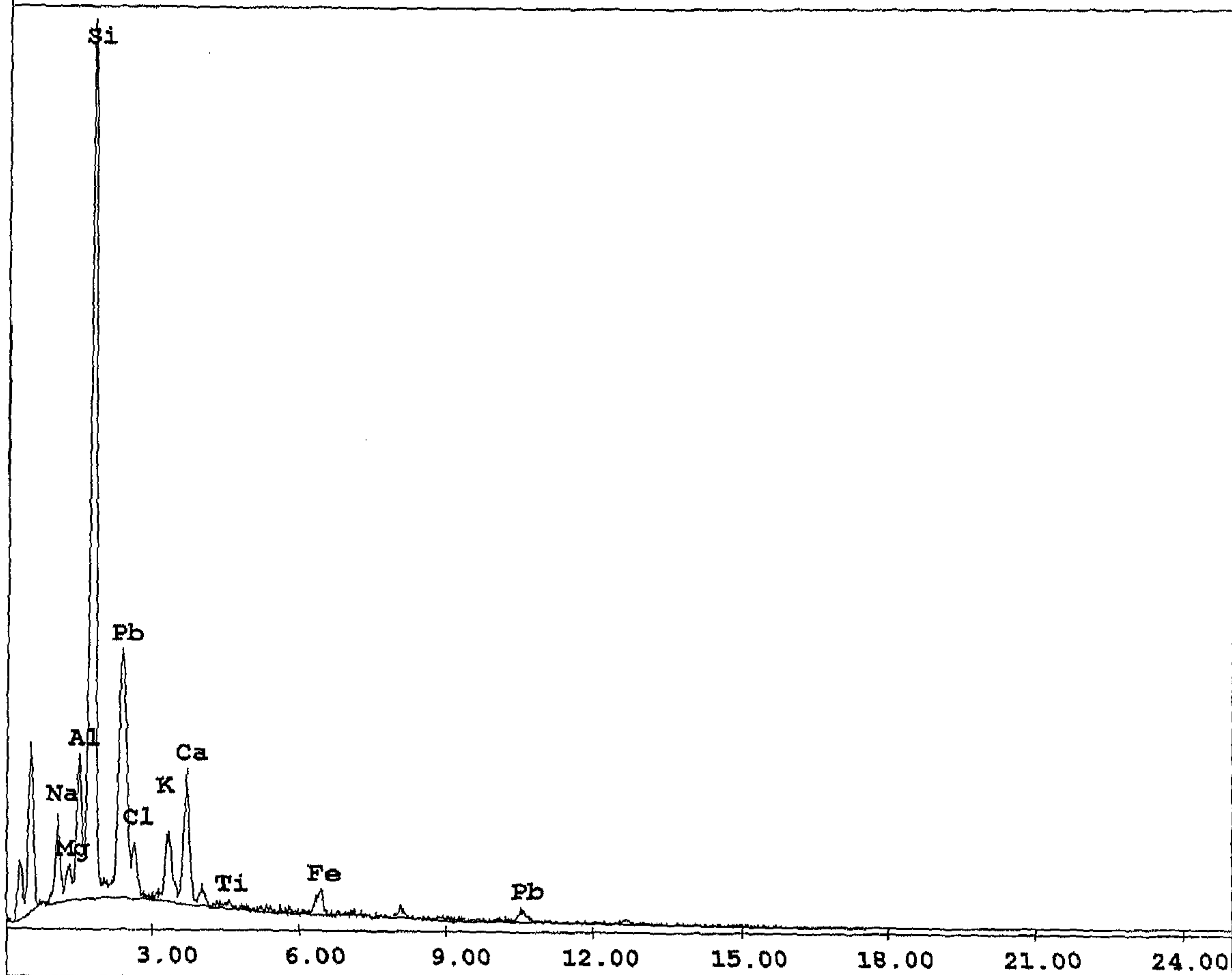
رقم (١٤) من الفسطاط



C:\old disk\hhh1\Ns14f.spc

FS : 2738 Lsec : 120

4-May- 3 11:15:00



| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 6.53   | 9.55   | 1.0125 | 0.3799 | 1.0068 |
| MgK     | 2.48   | 3.44   | 1.0385 | 0.4493 | 1.0124 |
| AlK     | 7.43   | 9.27   | 1.0083 | 0.5575 | 1.0195 |
| SiK     | 48.32  | 57.87  | 1.0381 | 0.6011 | 1.0021 |
| ClK     | 4.48   | 4.25   | 0.9923 | 0.5059 | 1.0054 |
| K K     | 4.88   | 4.20   | 0.9959 | 0.6544 | 1.0081 |
| CaK     | 8.13   | 6.83   | 1.0179 | 0.7018 | 1.0015 |
| TiK     | 0.62   | 0.44   | 0.9302 | 0.7885 | 1.0023 |
| FeK     | 3.16   | 1.90   | 0.9326 | 0.9285 | 1.0059 |
| PbL     | 13.95  | 2.27   | 0.7097 | 1.0348 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٤٥) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لطبقة التزجيج الداخلية من

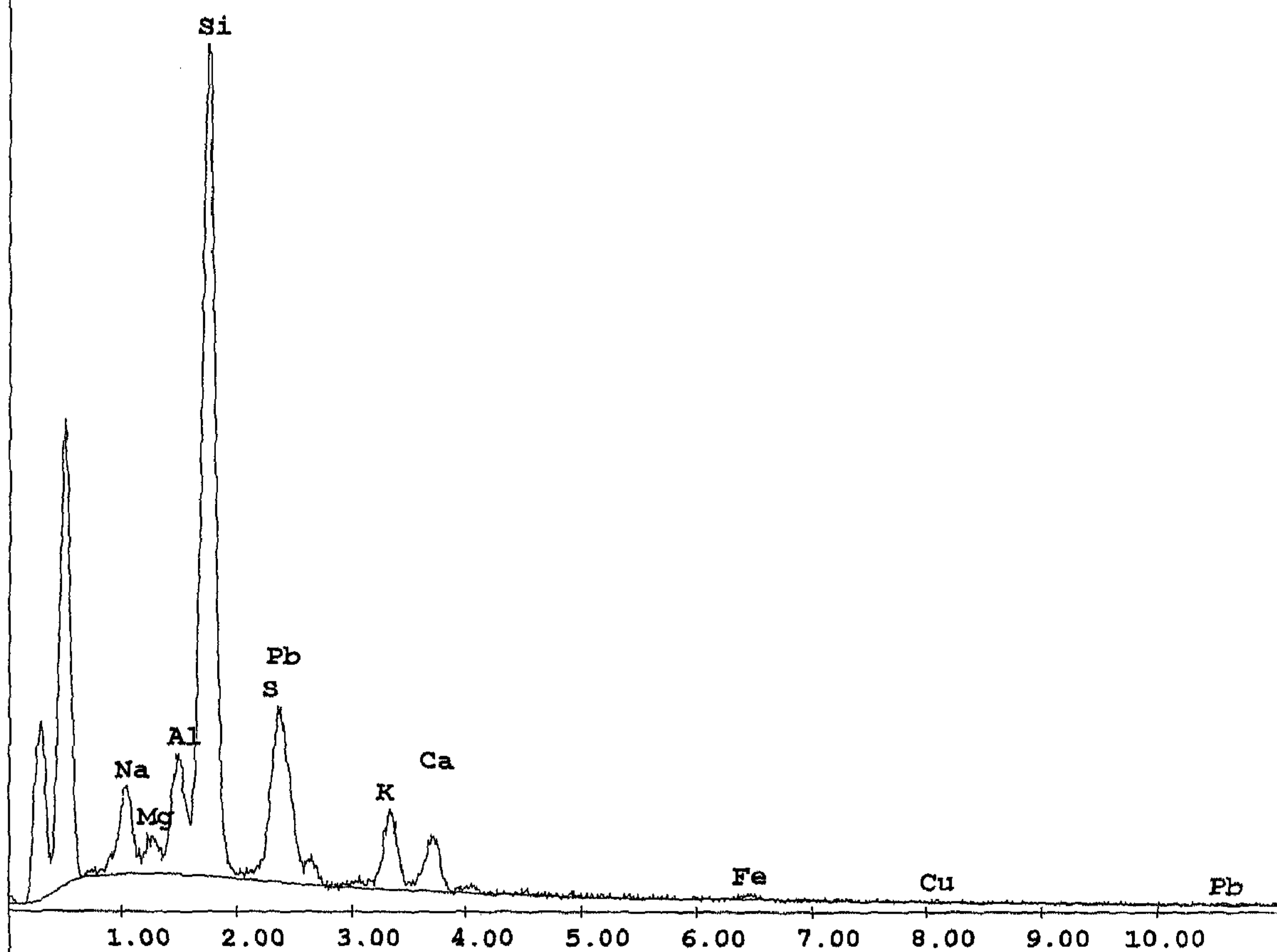
العينة رقم (١٤) من الفسطاط



C:\31-7-04\130.spc

FS : 3460 Lsec : 60

31-Jul- 4 13:18:33

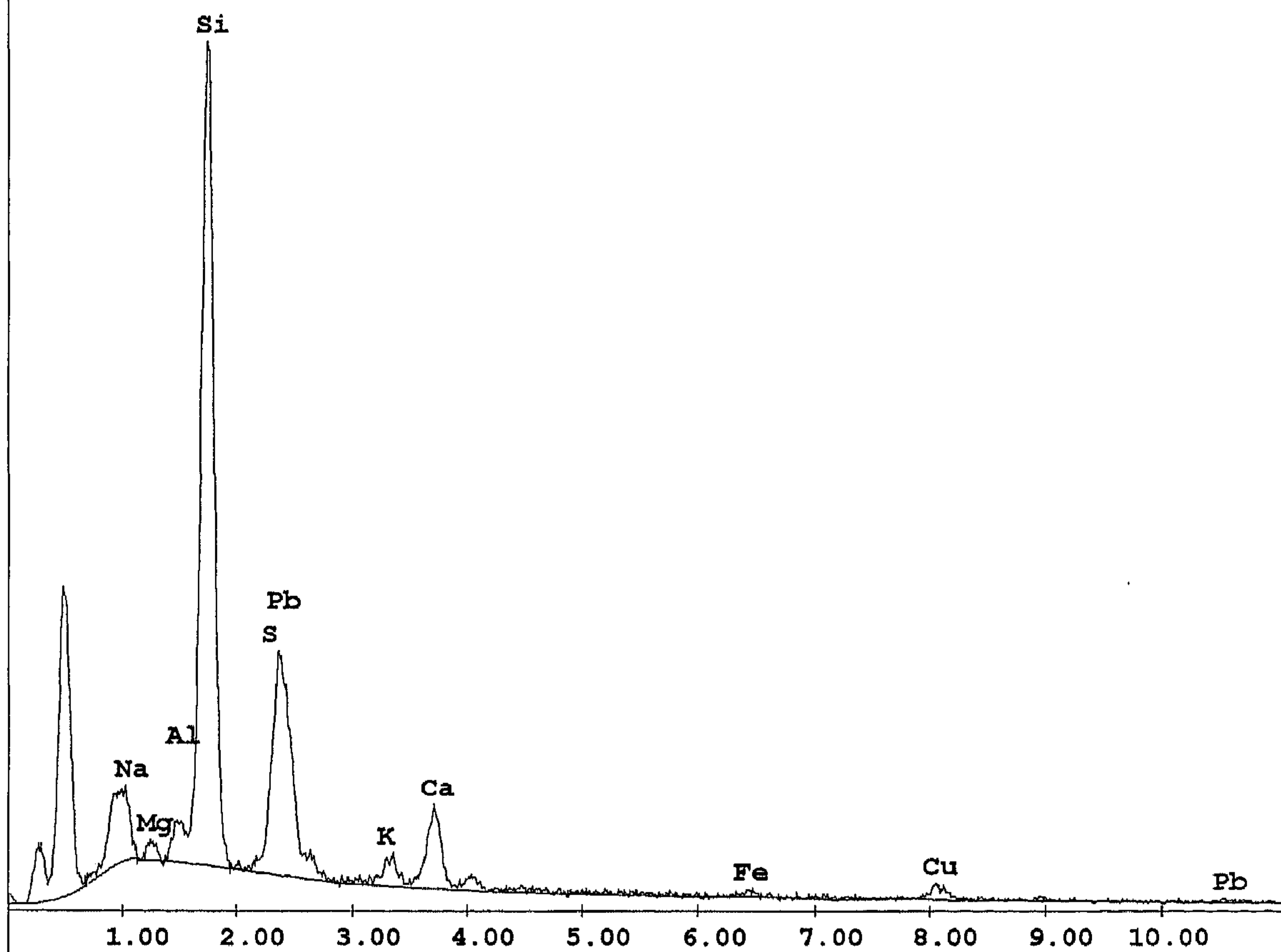


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 4.83   | 9.38   | 1.0861 | 0.4981 | 1.0033 |
| MgK     | 1.71   | 3.15   | 1.1116 | 0.5888 | 1.0061 |
| AlK     | 5.03   | 8.32   | 1.0927 | 0.6901 | 1.0098 |
| SiK     | 34.90  | 55.49  | 1.1426 | 0.7514 | 1.0009 |
| S K     | 1.40   | 1.95   | 1.1135 | 0.7450 | 1.0017 |
| K K     | 5.79   | 6.61   | 1.0609 | 0.7789 | 1.0025 |
| CaK     | 4.25   | 4.73   | 1.0865 | 0.8099 | 1.0002 |
| FeK     | 1.28   | 1.02   | 1.0038 | 0.9597 | 1.0026 |
| CuK     | 1.11   | 0.78   | 0.9783 | 0.9832 | 1.0068 |
| PbL     | 39.71  | 8.56   | 0.6861 | 1.0044 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٤٦) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة

رقم (١) من مجموعة المتحف





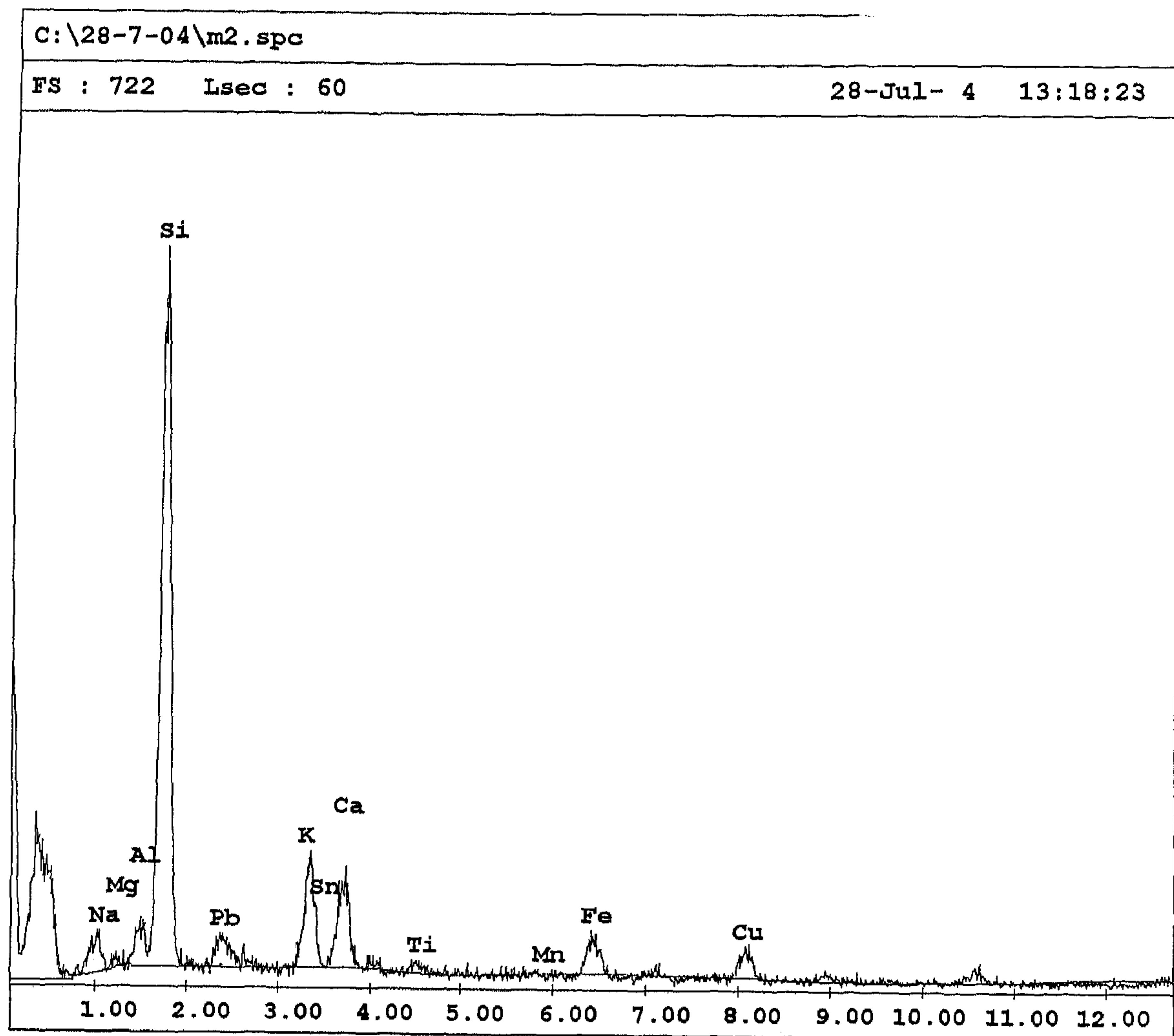
| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 3.28   | 8.05   | 1.1339 | 0.4242 | 1.0020 |
| MgK     | 0.73   | 1.70   | 1.1601 | 0.5212 | 1.0039 |
| AlK     | 1.49   | 3.12   | 1.1465 | 0.6331 | 1.0071 |
| SiK     | 28.16  | 56.56  | 1.2073 | 0.7237 | 1.0004 |
| S K     | 0.24   | 0.42   | 1.1700 | 0.7529 | 1.0010 |
| K K     | 1.76   | 2.55   | 1.1118 | 0.7483 | 1.0028 |
| CaK     | 5.14   | 7.23   | 1.1398 | 0.7901 | 1.0004 |
| FeK     | 1.08   | 1.09   | 1.0626 | 0.9520 | 1.0063 |
| CuK     | 5.64   | 5.00   | 1.0414 | 0.9793 | 1.0077 |
| PbL     | 52.48  | 14.29  | 0.7404 | 1.0030 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٤٧) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزيج من القطعة

رقم (٢) من مجموعة المتحف





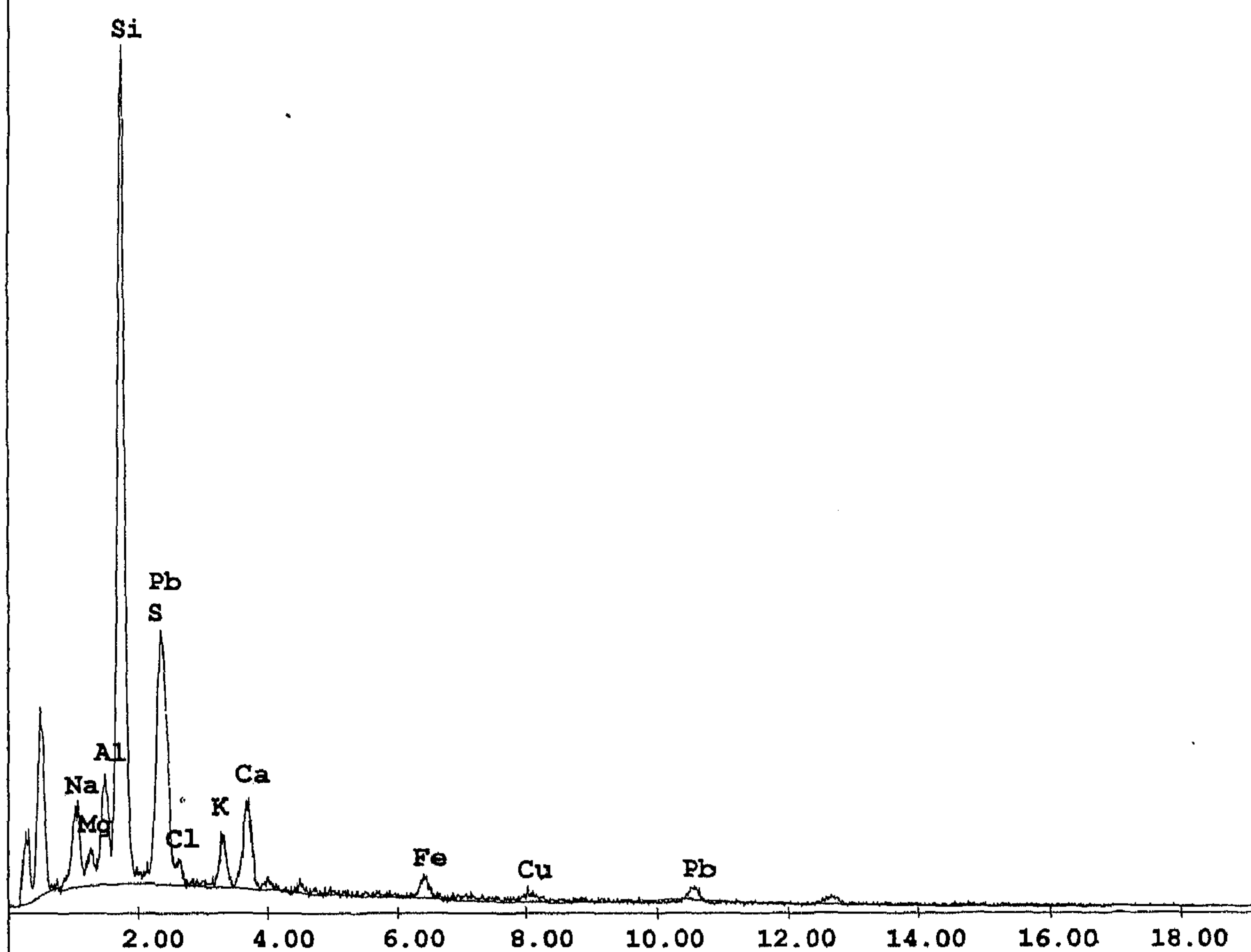


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 5.15   | 7.69   | 1.0095 | 0.2755 | 1.0067 |
| MgK     | 0.96   | 1.35   | 1.0359 | 0.3359 | 1.0127 |
| AlK     | 3.69   | 4.69   | 1.0064 | 0.4477 | 1.0221 |
| SiK     | 52.43  | 64.15  | 1.0366 | 0.5348 | 1.0021 |
| PbM     | 10.37  | 1.72   | 0.8141 | 0.7137 | 1.0007 |
| K K     | 8.56   | 7.52   | 0.9967 | 0.6046 | 1.0096 |
| SnL     | 0.78   | 0.23   | 0.8124 | 0.8052 | 1.0021 |
| CaK     | 7.46   | 6.40   | 1.0193 | 0.6345 | 1.0034 |
| TiK     | 0.93   | 0.67   | 0.9317 | 0.7323 | 1.0059 |
| MnK     | 0.00   | 0.00   | 0.9167 | 0.8744 | 1.0104 |
| FeK     | 4.55   | 2.80   | 0.9359 | 0.9052 | 1.0152 |
| CuK     | 5.13   | 2.77   | 0.9110 | 0.9519 | 1.0157 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٤٨) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من القطعة

رقم (٣) من مجموعة المتحف



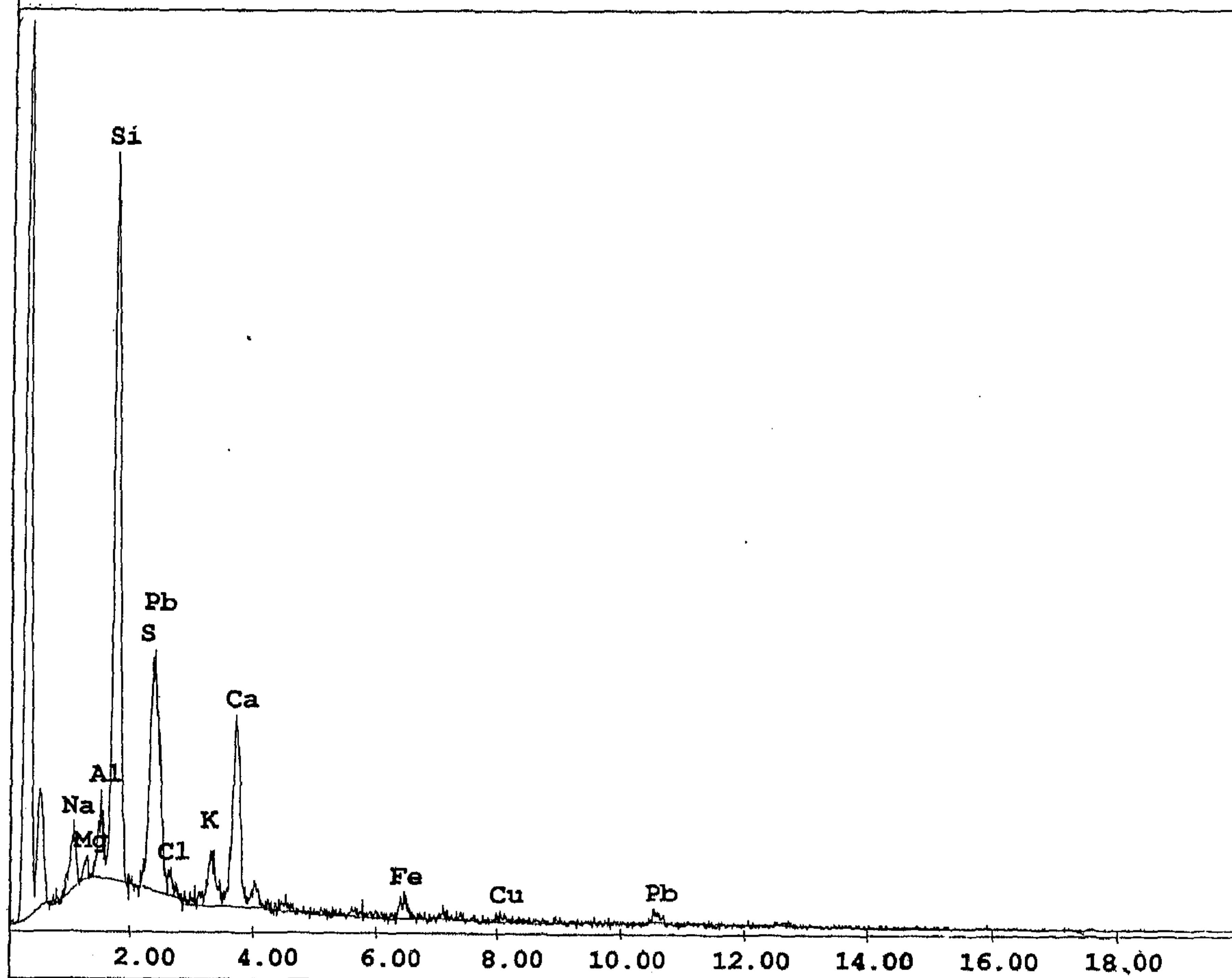


| Element | Wt %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 5.99   | 1.0499 | 0.3887 | 1.0043 |
| MgK     | 2.21   | 1.0758 | 0.4673 | 1.0079 |
| AlK     | 5.28   | 1.0438 | 0.5763 | 1.0127 |
| SiK     | 39.47  | 1.0737 | 0.6483 | 1.0012 |
| S K     | 1.14   | 1.0859 | 0.6126 | 1.0026 |
| ClK     | 1.78   | 1.0346 | 0.5580 | 1.0030 |
| K K     | 3.35   | 1.0309 | 0.6973 | 1.0047 |
| CaK     | 5.98   | 1.0529 | 0.7440 | 1.0010 |
| FeK     | 3.32   | 0.9674 | 0.9408 | 1.0098 |
| CuK     | 2.52   | 0.9423 | 0.9721 | 1.0223 |
| PbL     | 28.97  | 0.7063 | 1.0164 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٤٩) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة

رقم (٤) من مجموعة المتحف



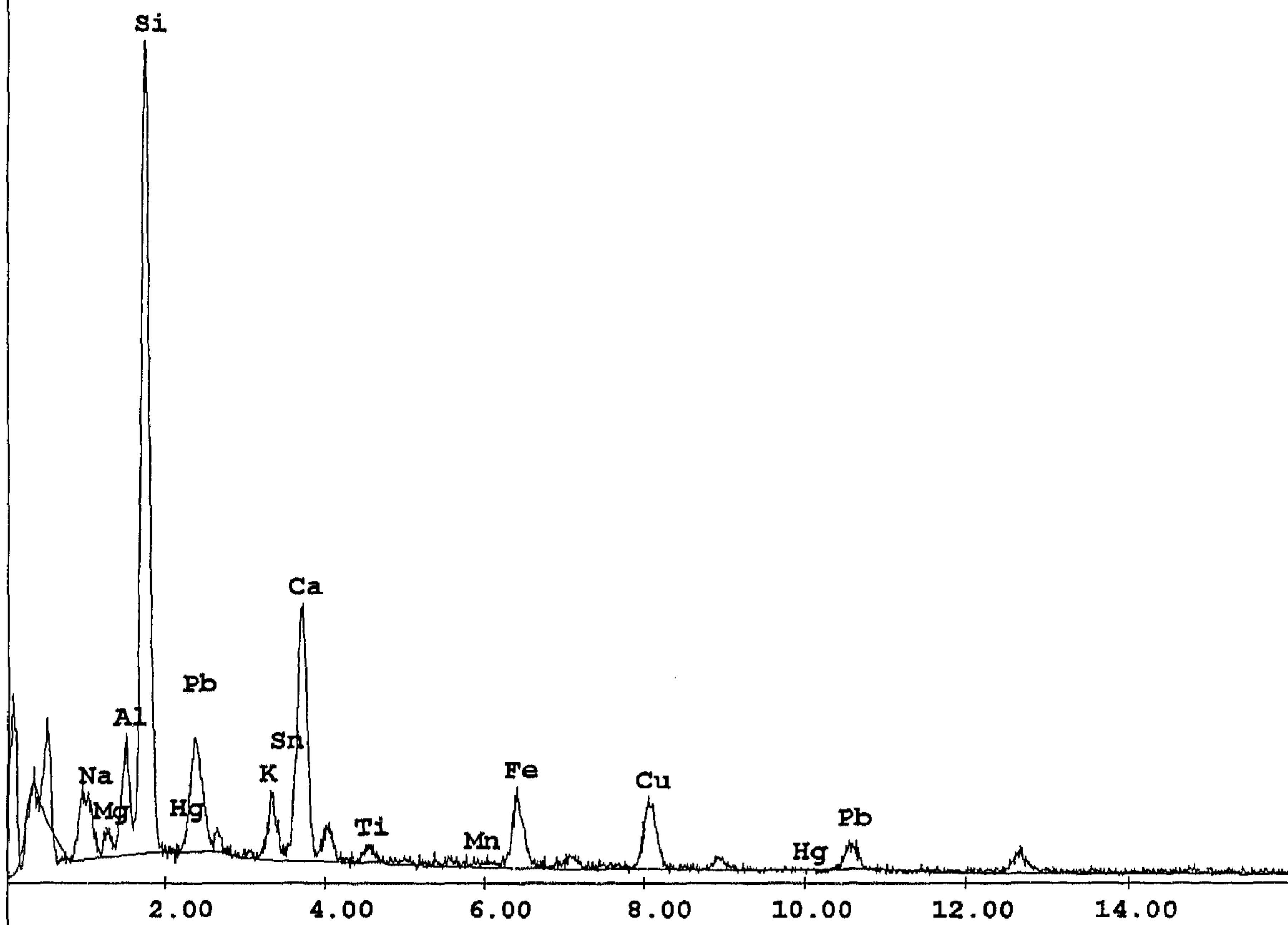


| Element | Wt %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 4.80   | 1.0411 | 0.3769 | 1.0041 |
| MgK     | 1.14   | 1.0669 | 0.4685 | 1.0078 |
| AlK     | 3.57   | 1.0351 | 0.5891 | 1.0134 |
| SiK     | 37.62  | 1.0648 | 0.6747 | 1.0023 |
| S K     | 2.16   | 1.0743 | 0.6342 | 1.0046 |
| ClK     | 1.65   | 1.0238 | 0.5875 | 1.0061 |
| K K     | 4.12   | 1.0213 | 0.7242 | 1.0117 |
| CaK     | 15.00  | 1.0434 | 0.7654 | 1.0010 |
| FeK     | 3.25   | 0.9574 | 0.9379 | 1.0082 |
| CuK     | 2.23   | 0.9316 | 0.9708 | 1.0185 |
| PbL     | 24.47  | 0.6966 | 1.0162 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥٠) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج أخرى من

القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف



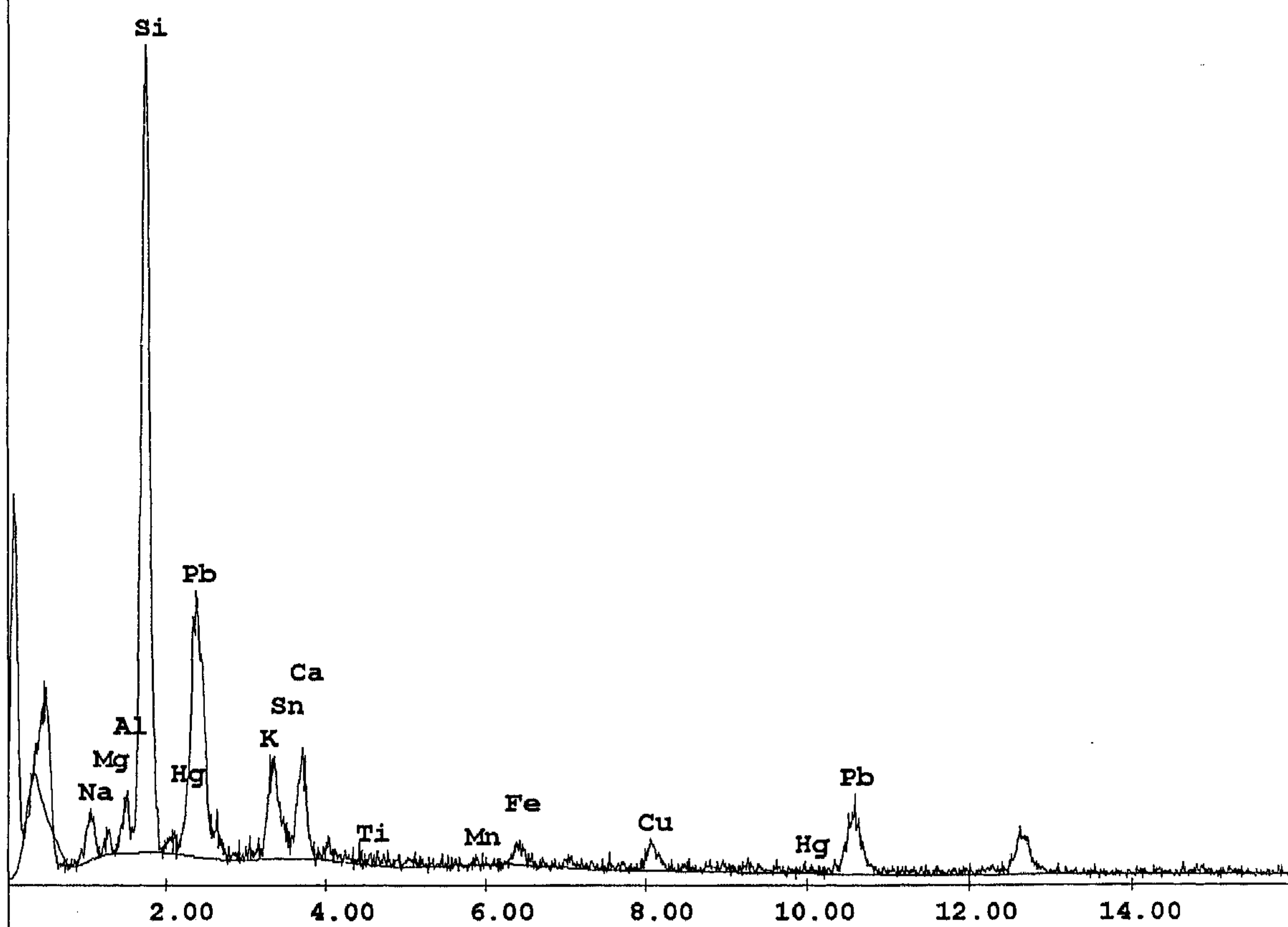


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 5.88   | 9.32   | 1.0202 | 0.2426 | 1.0051 |
| MgK     | 2.13   | 3.20   | 1.0468 | 0.2922 | 1.0094 |
| AlK     | 6.00   | 8.10   | 1.0170 | 0.3835 | 1.0150 |
| SiK     | 41.75  | 54.15  | 1.0475 | 0.4506 | 1.0018 |
| K K     | 2.82   | 2.63   | 1.0104 | 0.5957 | 1.0148 |
| SnL     | 1.29   | 0.40   | 0.8235 | 0.7942 | 1.0024 |
| CaK     | 11.96  | 10.87  | 1.0332 | 0.6559 | 1.0042 |
| TiK     | 0.90   | 0.68   | 0.9432 | 0.7229 | 1.0077 |
| MnK     | 0.39   | 0.26   | 0.9274 | 0.8676 | 1.0143 |
| FeK     | 5.29   | 3.45   | 0.9469 | 0.8992 | 1.0210 |
| CuK     | 7.89   | 4.53   | 0.9224 | 0.9458 | 1.0189 |
| HgL     | 0.00   | 0.00   | 0.7627 | 1.0339 | 1.0000 |
| PbL     | 13.67  | 2.40   | 0.7506 | 1.0358 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥١) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح أخرى من القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف





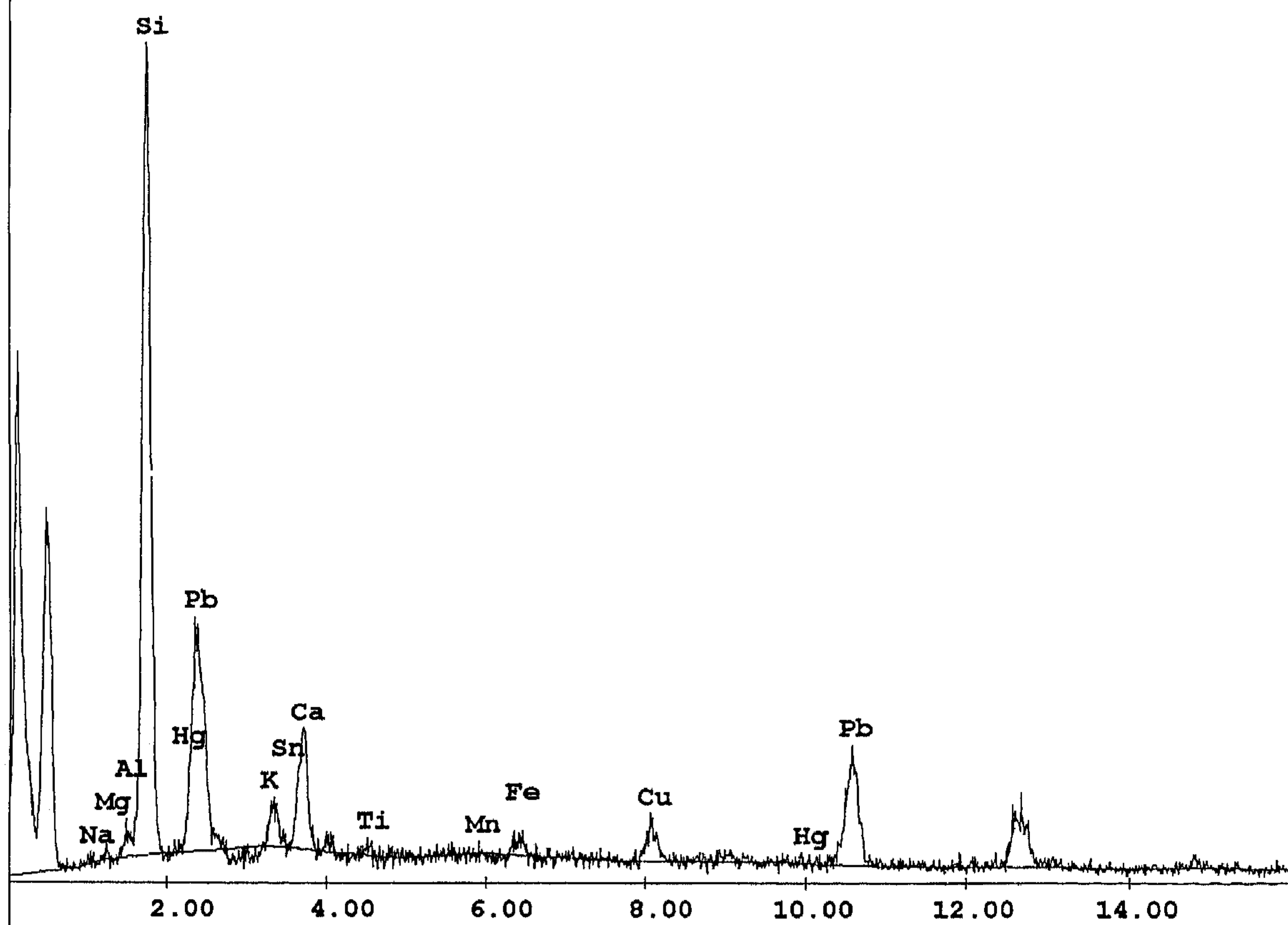


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 4.70   | 9.21   | 1.0562 | 0.2400 | 1.0041 |
| MgK     | 1.33   | 2.46   | 1.0836 | 0.2939 | 1.0077 |
| AlK     | 2.68   | 4.47   | 1.0525 | 0.3835 | 1.0132 |
| SiK     | 37.14  | 59.60  | 1.0840 | 0.4727 | 1.0014 |
| K K     | 5.20   | 6.00   | 1.0618 | 0.4993 | 1.0042 |
| SnL     | 5.34   | 2.03   | 0.8646 | 0.6736 | 1.0007 |
| CaK     | 4.50   | 5.06   | 1.0847 | 0.5477 | 1.0011 |
| TiK     | 0.36   | 0.34   | 0.9844 | 0.6448 | 1.0020 |
| MnK     | 0.24   | 0.19   | 0.9647 | 0.8142 | 1.0125 |
| FeK     | 1.52   | 1.23   | 0.9854 | 0.8534 | 1.0185 |
| CuK     | 2.71   | 1.92   | 0.9634 | 0.9270 | 1.0432 |
| HgL     | 2.34   | 0.53   | 0.8032 | 1.0309 | 1.0000 |
| PbL     | 31.95  | 6.95   | 0.7918 | 1.0331 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥٢) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج أخرى من

القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف



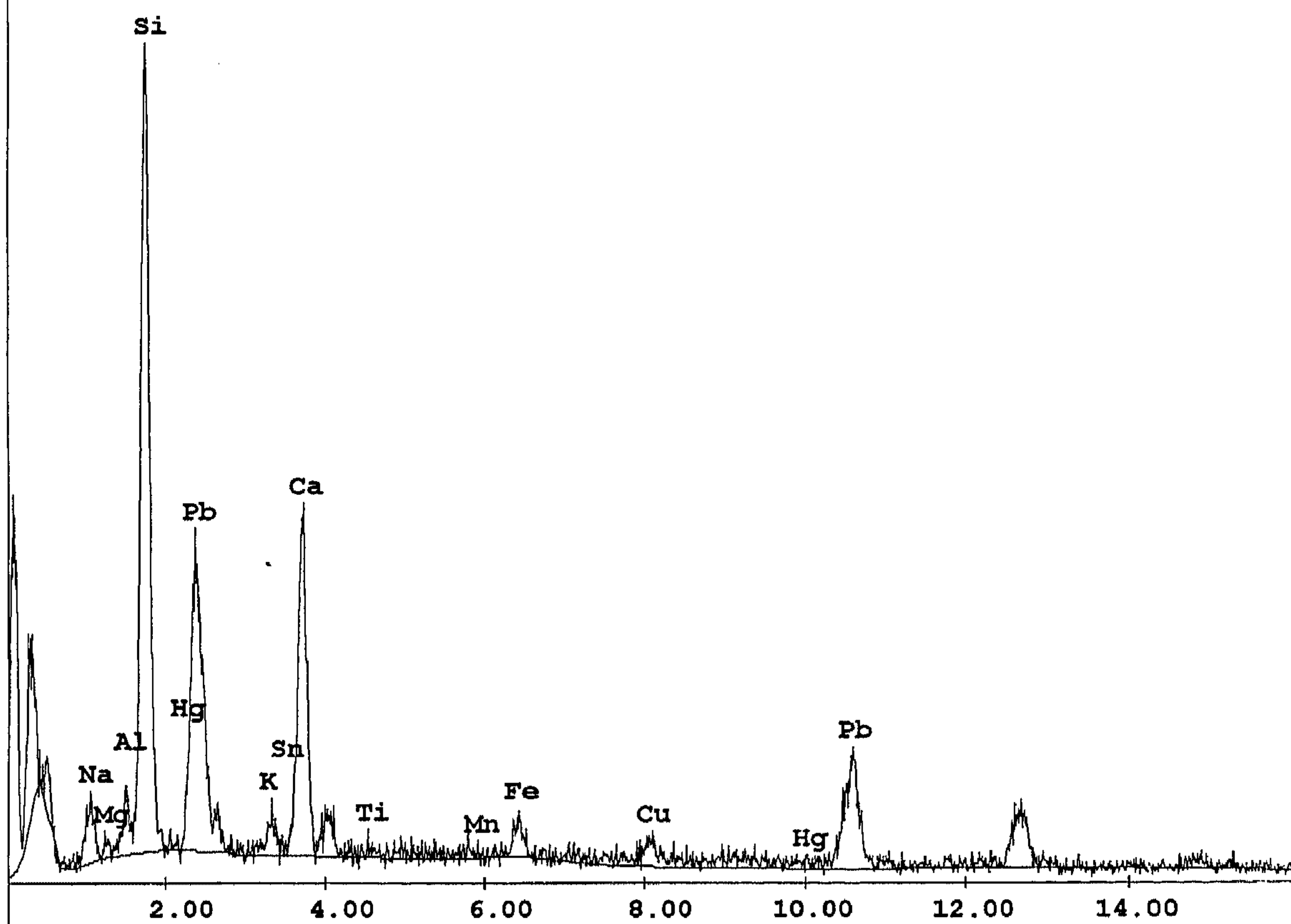


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 0.43   | 1.02   | 1.0791 | 0.2222 | 1.0034 |
| MgK     | 0.22   | 0.49   | 1.1070 | 0.2911 | 1.0067 |
| AlK     | 1.20   | 2.42   | 1.0752 | 0.3840 | 1.0119 |
| SiK     | 34.38  | 66.41  | 1.1072 | 0.4824 | 1.0008 |
| K K     | 2.38   | 3.30   | 1.0962 | 0.4445 | 1.0049 |
| SnL     | 0.84   | 0.38   | 0.8922 | 0.6037 | 1.0005 |
| CaK     | 6.40   | 8.66   | 1.1192 | 0.5016 | 1.0010 |
| TiK     | 0.45   | 0.51   | 1.0116 | 0.6149 | 1.0017 |
| MnK     | 0.00   | 0.00   | 0.9888 | 0.7913 | 1.0155 |
| FeK     | 1.26   | 1.22   | 1.0104 | 0.8333 | 1.0228 |
| CuK     | 3.12   | 2.67   | 0.9904 | 0.9154 | 1.0553 |
| HgL     | 0.00   | 0.00   | 0.8302 | 1.0232 | 1.0000 |
| PbL     | 49.31  | 12.91  | 0.8194 | 1.0265 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥٣) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من

القطعة رقم (٦) من مجموعة المتحف



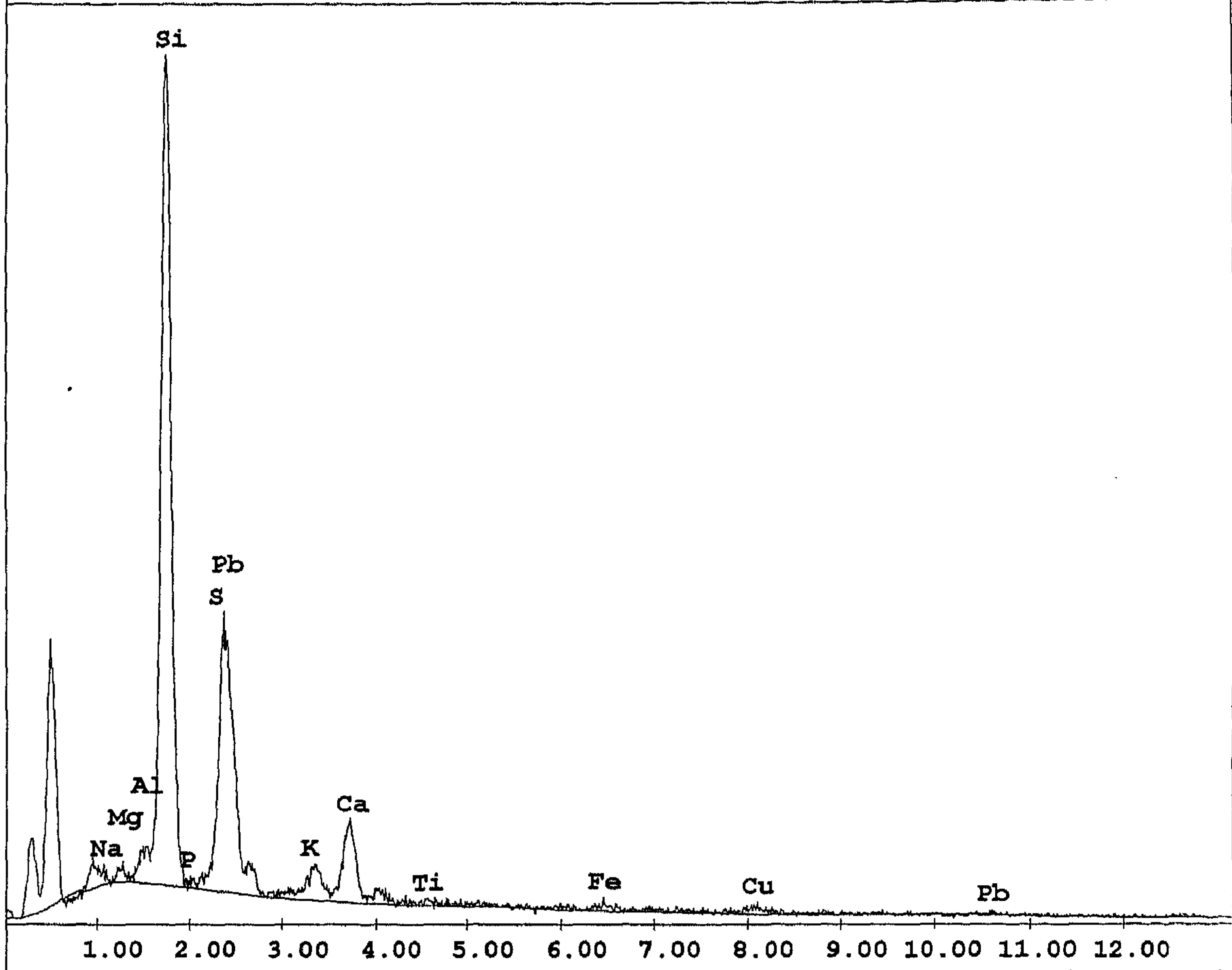


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 4.63   | 10.17  | 1.0694 | 0.2256 | 1.0030 |
| MgK     | 0.78   | 1.62   | 1.0972 | 0.2781 | 1.0057 |
| AlK     | 2.17   | 4.05   | 1.0656 | 0.3669 | 1.0097 |
| SiK     | 28.29  | 50.88  | 1.0974 | 0.4583 | 1.0012 |
| K K     | 1.44   | 1.86   | 1.0820 | 0.4722 | 1.0100 |
| SnL     | 0.78   | 0.33   | 0.8808 | 0.6392 | 1.0008 |
| CaK     | 12.70  | 16.00  | 1.1049 | 0.5331 | 1.0012 |
| TiK     | 0.39   | 0.41   | 1.0003 | 0.6216 | 1.0021 |
| MnK     | 0.34   | 0.31   | 0.9787 | 0.7966 | 1.0139 |
| FeK     | 1.96   | 1.77   | 0.9999 | 0.8380 | 1.0204 |
| CuK     | 2.21   | 1.76   | 0.9792 | 0.9164 | 1.0516 |
| HgL     | 2.85   | 0.72   | 0.8191 | 1.0253 | 1.0000 |
| PbL     | 41.47  | 10.11  | 0.8080 | 1.0283 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥٤) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من

القطعة رقم (٧) من مجموعة المتحف





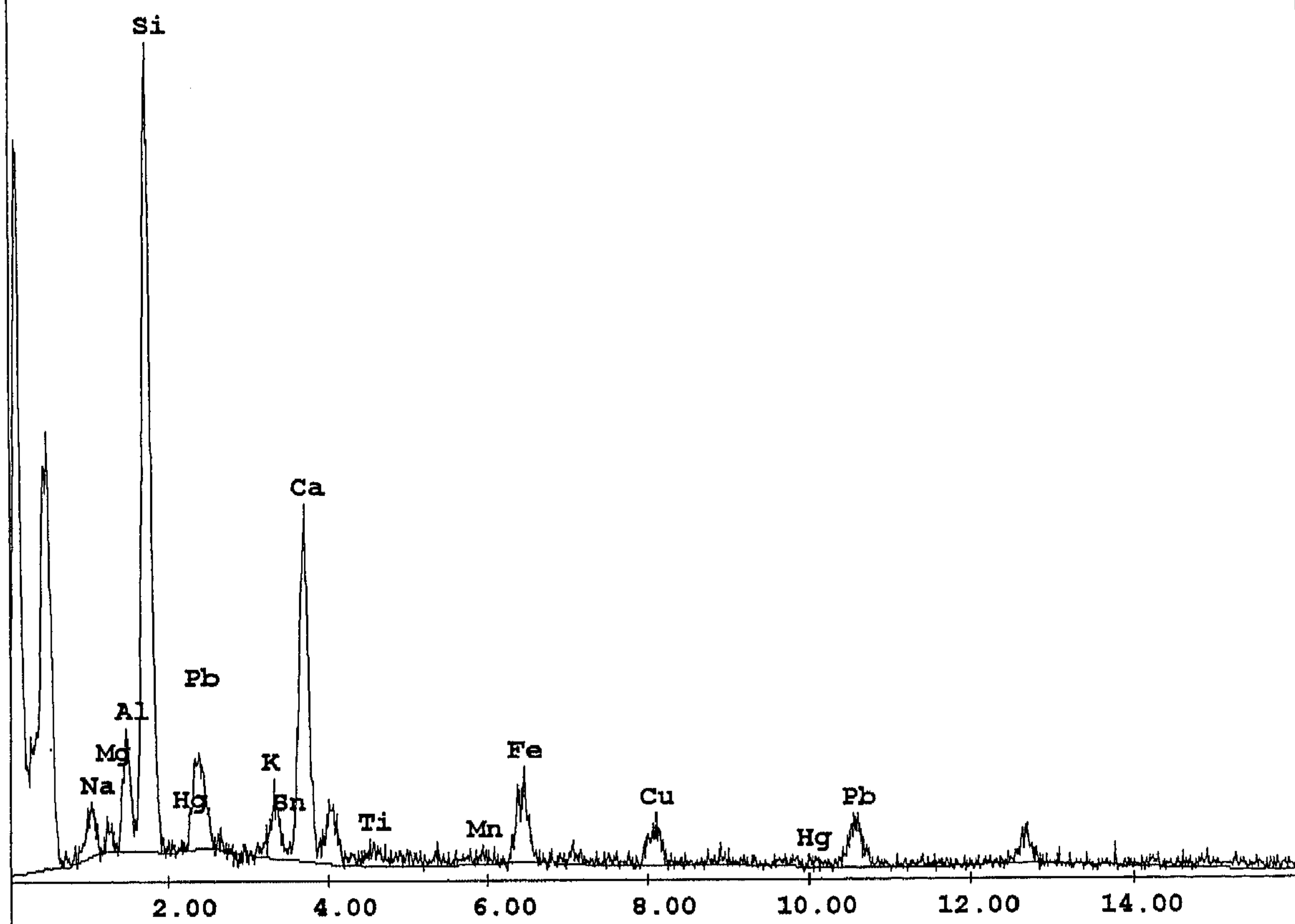
| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 0.96   | 2.13   | 1.1086 | 0.4451 | 1.0027 |
| MgK     | 0.70   | 1.46   | 1.1344 | 0.5591 | 1.0053 |
| AlK     | 1.55   | 2.93   | 1.1181 | 0.6692 | 1.0097 |
| SiK     | 35.17  | 64.01  | 1.1732 | 0.7546 | 1.0006 |
| P K     | 0.41   | 0.67   | 1.1243 | 0.6581 | 1.0008 |
| S K     | 0.00   | 0.00   | 1.1403 | 0.7435 | 1.0015 |
| K K     | 2.81   | 3.67   | 1.0849 | 0.7652 | 1.0039 |
| CaK     | 6.57   | 8.38   | 1.1117 | 0.8036 | 1.0007 |
| TiK     | 0.54   | 0.57   | 1.0209 | 0.8682 | 1.0012 |
| FeK     | 1.75   | 1.60   | 1.0315 | 0.9553 | 1.0051 |
| CuK     | 4.21   | 3.39   | 1.0081 | 0.9807 | 1.0070 |
| PbL     | 45.35  | 11.19  | 0.7119 | 1.0035 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥٥) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيج من

القطعة رقم (١٠) من مجموعة المتحف







| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 4.22   | 7.55   | 1.0372 | 0.2341 | 1.0043 |
| MgK     | 1.61   | 2.73   | 1.0642 | 0.2935 | 1.0079 |
| AlK     | 5.41   | 8.26   | 1.0337 | 0.3856 | 1.0125 |
| SiK     | 34.63  | 50.74  | 1.0646 | 0.4553 | 1.0019 |
| K K     | 2.58   | 2.72   | 1.0352 | 0.5500 | 1.0151 |
| SnL     | 1.40   | 0.49   | 0.8433 | 0.7373 | 1.0022 |
| CaK     | 14.57  | 14.96  | 1.0580 | 0.6093 | 1.0032 |
| TiK     | 1.03   | 0.89   | 0.9629 | 0.6748 | 1.0054 |
| MnK     | 0.62   | 0.47   | 0.9452 | 0.8339 | 1.0116 |
| FeK     | 5.13   | 3.78   | 0.9652 | 0.8704 | 1.0170 |
| CuK     | 3.75   | 2.43   | 0.9420 | 0.9290 | 1.0322 |
| HgL     | 2.39   | 0.49   | 0.7822 | 1.0307 | 1.0000 |
| PbL     | 22.64  | 4.50   | 0.7705 | 1.0330 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥٦) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزيج من

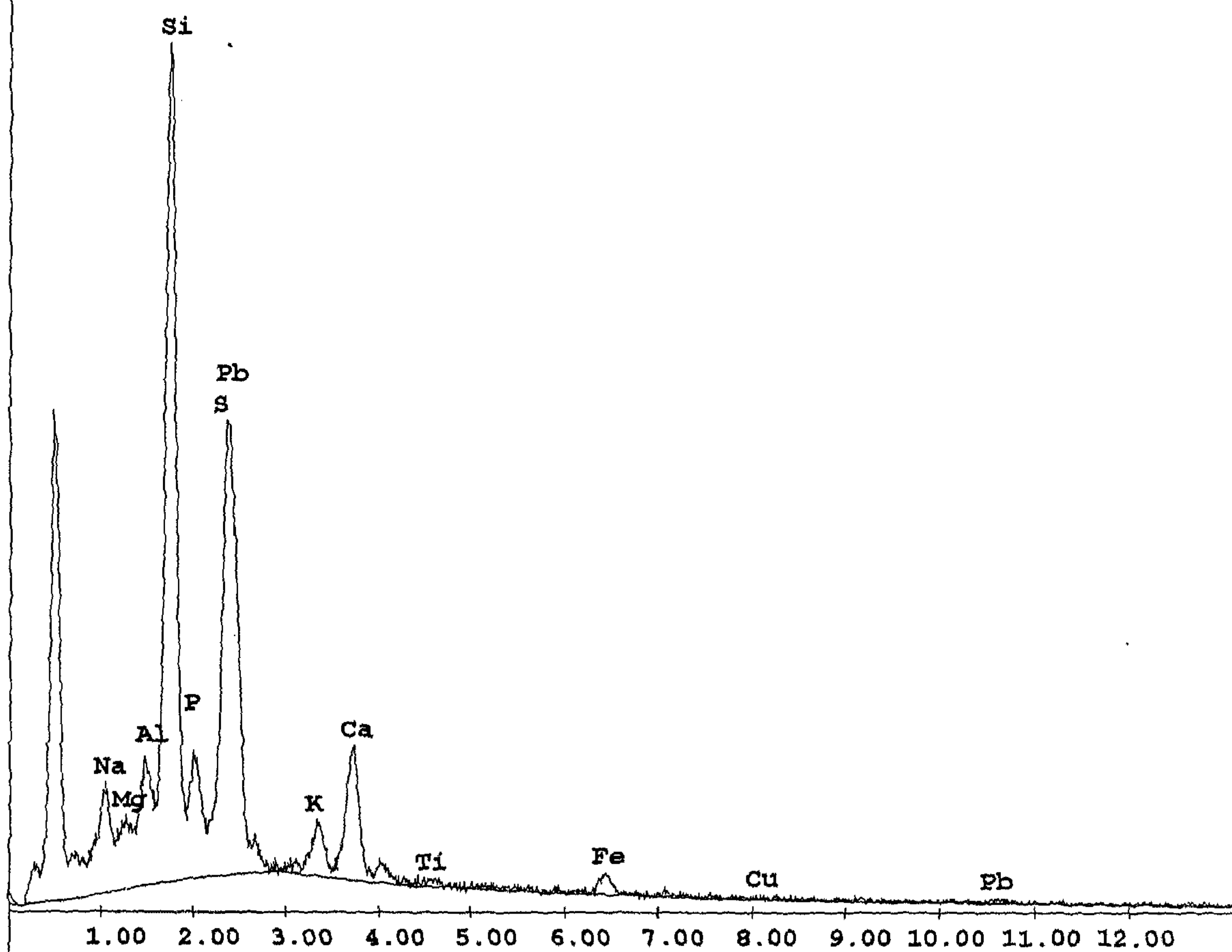
القطعة رقم (١١) من مجموعة المتحف



c:\31-7-04\133.spc

FS : 3045 Lsec : 60

31-Jul- 4 13:29:19

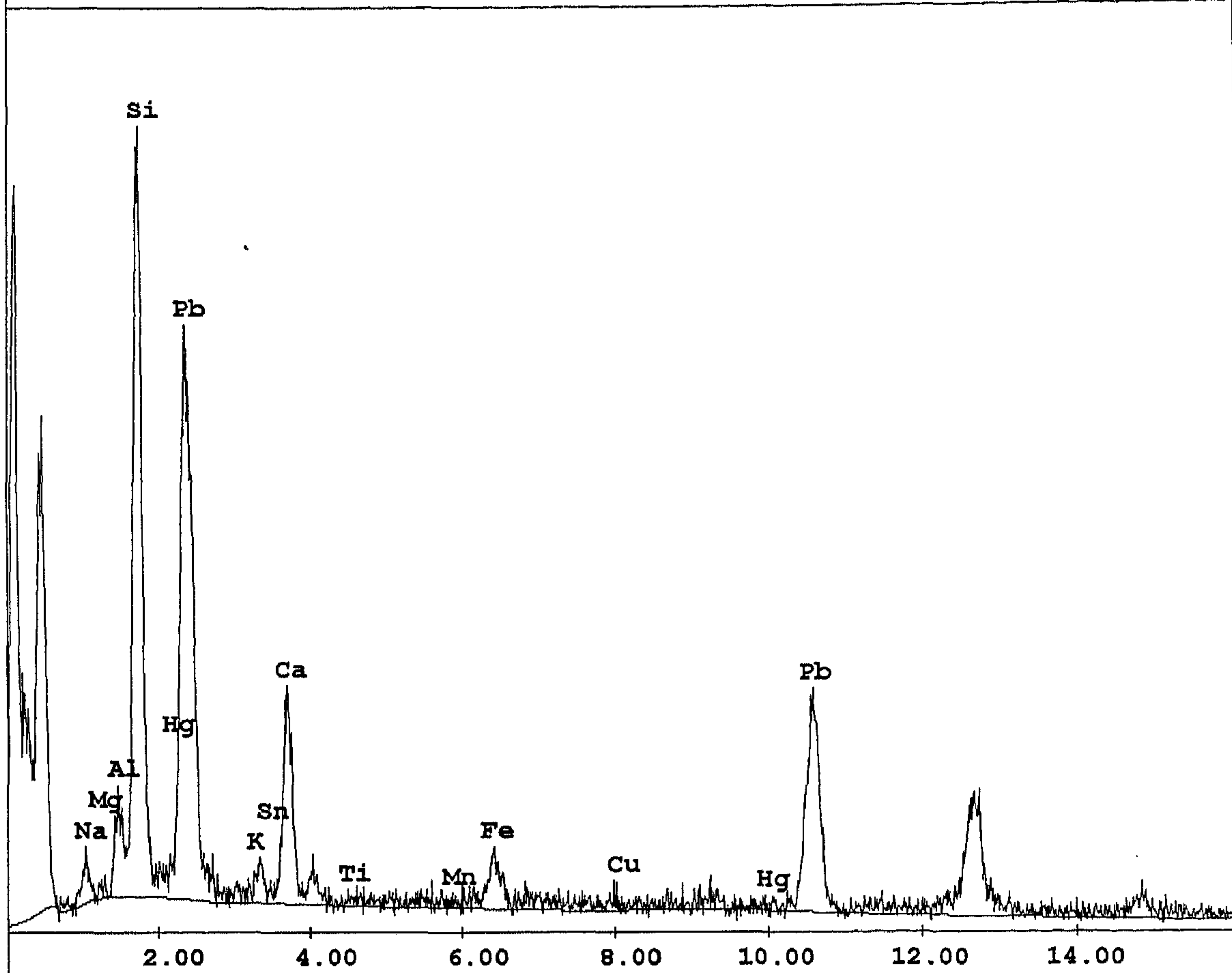


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 3.56   | 8.94   | 1.1412 | 0.4342 | 1.0019 |
| MgK     | 2.04   | 4.84   | 1.1675 | 0.5340 | 1.0034 |
| AlK     | 3.04   | 6.51   | 1.1548 | 0.6361 | 1.0056 |
| SiK     | 19.10  | 39.28  | 1.2173 | 0.7170 | 1.0018 |
| P K     | 3.56   | 6.64   | 1.1649 | 0.7026 | 1.0013 |
| S K     | 1.80   | 3.25   | 1.1787 | 0.7670 | 1.0012 |
| K K     | 2.12   | 3.13   | 1.1195 | 0.7421 | 1.0032 |
| CaK     | 5.84   | 8.41   | 1.1479 | 0.7835 | 1.0005 |
| TiK     | 0.34   | 0.41   | 1.0562 | 0.8540 | 1.0009 |
| FeK     | 2.50   | 2.59   | 1.0719 | 0.9491 | 1.0024 |
| CuK     | 0.60   | 0.55   | 1.0515 | 0.9771 | 1.0080 |
| PbL     | 55.51  | 15.47  | 0.7491 | 1.0032 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥٧) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من

القطعة رقم (١٧) من مجموعة المتحف





| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 2.58   | 7.10   | 1.1064 | 0.2106 | 1.0022 |
| MgK     | 0.71   | 1.85   | 1.1350 | 0.2671 | 1.0042 |
| AlK     | 3.12   | 7.34   | 1.1022 | 0.3492 | 1.0067 |
| SiK     | 21.33  | 48.13  | 1.1349 | 0.4284 | 1.0007 |
| K K     | 1.29   | 2.09   | 1.1337 | 0.4194 | 1.0049 |
| SnL     | 0.92   | 0.49   | 0.9223 | 0.5714 | 1.0007 |
| CaK     | 6.78   | 10.73  | 1.1568 | 0.4773 | 1.0009 |
| TiK     | 0.33   | 0.43   | 1.0421 | 0.5893 | 1.0016 |
| MnK     | 0.30   | 0.35   | 1.0165 | 0.7715 | 1.0150 |
| FeK     | 2.29   | 2.60   | 1.0389 | 0.8159 | 1.0220 |
| CuK     | 0.61   | 0.61   | 1.0205 | 0.9018 | 1.0630 |
| HgL     | 1.40   | 0.44   | 0.8594 | 1.0186 | 1.0000 |
| PbL     | 58.35  | 17.85  | 0.8489 | 1.0225 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥٨) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من

القطعة رقم (١٩) من مجموعة المتحف



#### - عينة تزجيج من القطعة رقم (٢٠)

تتميز هذه القطعة باللون الأخضر ويوضح الشكل رقم (٥٩) نتائج التحليل حيث نلاحظ البريق واللمعان الذي يتميز به التزجيج المرتفع في نسبة الرصاص ونلاحظ أيضا ارتفاع نسبة النحاس الذي يعزى اليه اللون الأخضر .

#### - عينة تزجيج من القطعة رقم (٢٣) من مجموعة المتحف

تتميز هذه القطعة باللون الأرجواني ، ويوضح الشكل رقم (٦٠) نتائج التحليل حيث نلاحظ انخفاض نسبة الرصاص ويرجع اللون الأرجواني إلى وجود أكسيد المنجنيز في الجو المؤكسد ويؤدي النحاس الموجود إلى إعطاء عمق أكبر للون .

#### ثالثا : استخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح في دراسة مواد الترميم

مما لا شك فيه أن الميكروسكوب الإلكتروني الماسح يلعب دورا هاما في دراسة مواد الترميم سواء التنظيف أو مواد تقوية لما يتميز من قوة تكبير عالية تساعد في الحكم على فعالية مواد الترميم .

#### أ - دراسة مواد التنظيف :

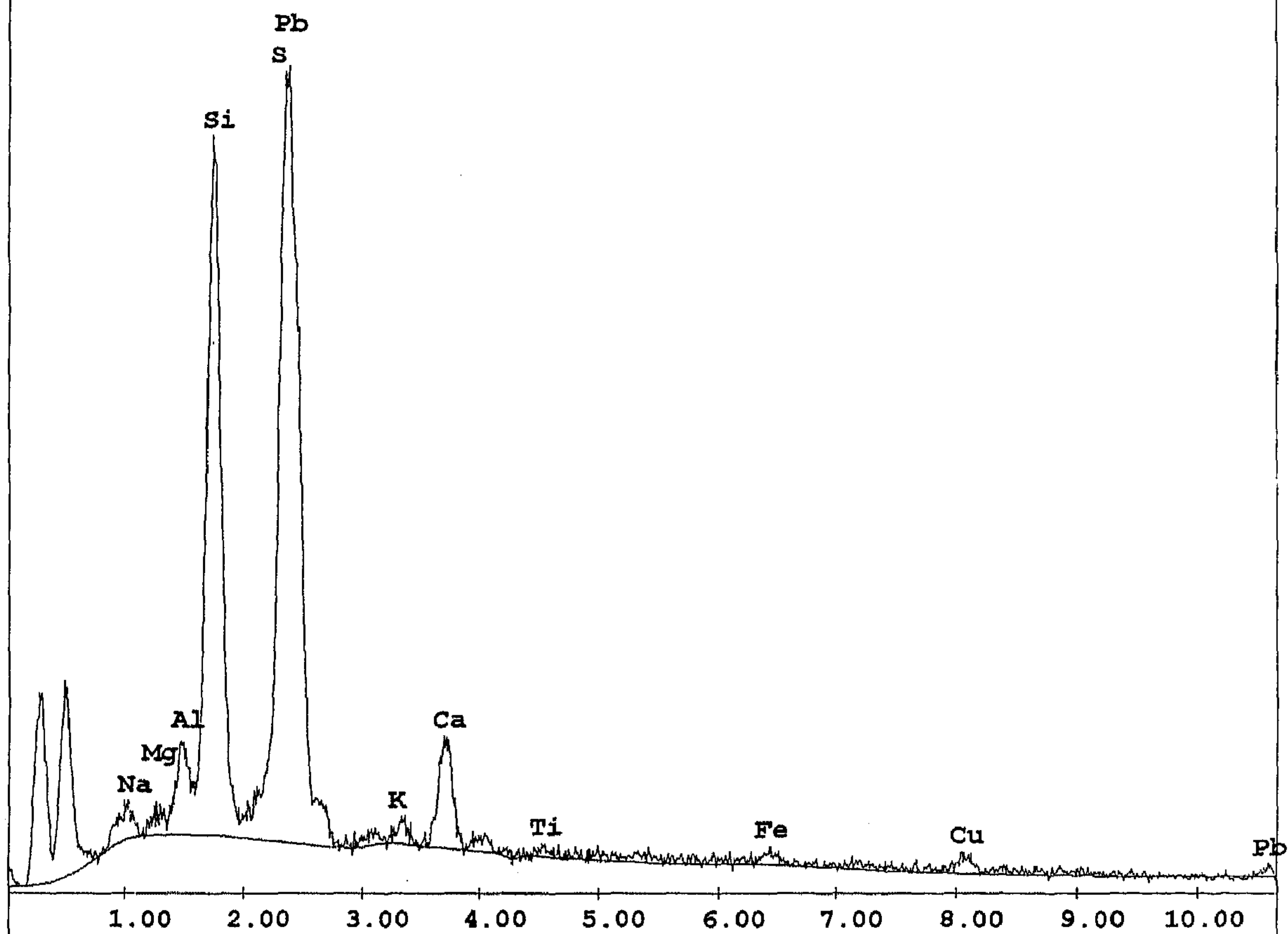
استخدم الميكروسكوب الإلكتروني الماسح في دراسة تأثير التنظيف بإستخدام محلول الكالجون Calgon بتركيز ٣% . وتمت الدراسة على بعض العينات التي تم تنظيف أجزاء منها بإستخدام المحلول وقد اجريت الدراسة على بعض عينات الفسفاط وفيما يلي أهم النتائج :-

**العينة الأولى :** هذه العينة ذات لون أحمر وإستخدام محلول الكالجون على سطح نظيف . "حديث الكسر" وقد تم إستخدام المحلول بتركيز ٣% لمدة ١٠ دقائق ثم لمدة ٢٠ دقيقة . وكانت النتيجة من خلال الملاحظة بالعين المجردة أن التغير في لون السطح لا يكاد يذكر وذلك بالمقارنة بالجزء الذي لم يعرض للتنظيف .

ويتفق ما سبق مع نتائج الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني حيث أن الصورة رقم (٥٢) تمثل الشكل الأصلي للبدن قبل التعرض للتنظيف ، بينما توضح الصورة رقم (٥٣) البدن الأحمر بعد التعرض للتنظيف بالكالجون لمدة ١٠ دقائق ، أما الصورة رقم (٥٤) فتوضح البدن الأحمر بعد تعرضه للتنظيف بالكالجون لمدة ٢٠ دقيقة . ومن خلال المقارنة بالعين المجردة والمقارنة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح نجد أن محلول الكالجون مع البدن الأحمر لا يؤدي إلى إزالة





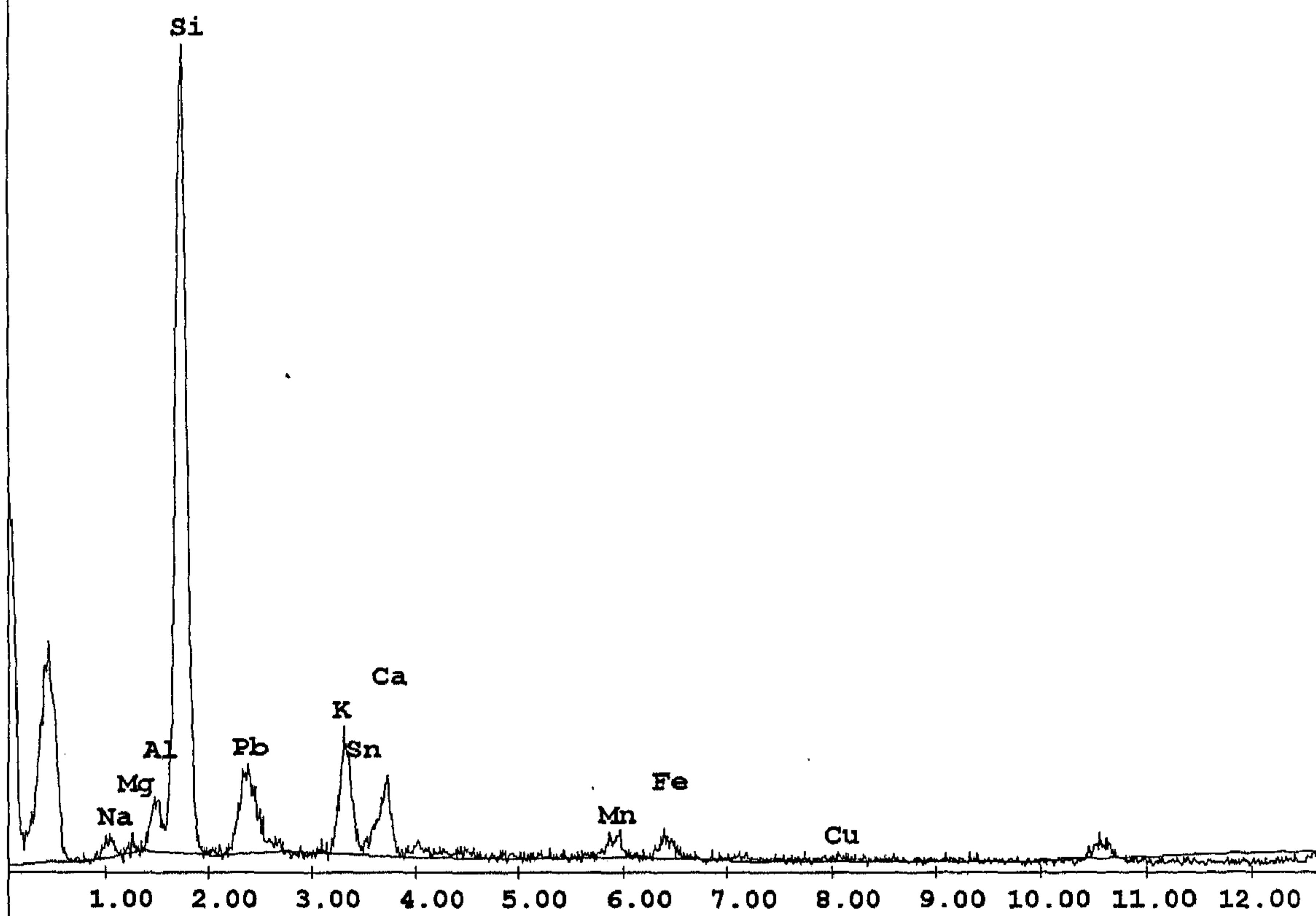


| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 1.04   | 3.48   | 1.1966 | 0.3812 | 1.0012 |
| MgK     | 0.59   | 1.86   | 1.2239 | 0.4873 | 1.0023 |
| AlK     | 2.15   | 6.12   | 1.2173 | 0.5985 | 1.0037 |
| SiK     | 15.60  | 42.65  | 1.2926 | 0.6881 | 1.0005 |
| S K     | 0.85   | 2.04   | 1.2442 | 0.7753 | 1.0008 |
| K K     | 0.82   | 1.60   | 1.1783 | 0.7124 | 1.0025 |
| CaK     | 4.76   | 9.12   | 1.2094 | 0.7583 | 1.0005 |
| TiK     | 0.50   | 0.81   | 1.1159 | 0.8363 | 1.0009 |
| FeK     | 1.34   | 1.84   | 1.1396 | 0.9408 | 1.0051 |
| CuK     | 4.36   | 5.27   | 1.1242 | 0.9734 | 1.0088 |
| PbL     | 68.00  | 25.21  | 0.8114 | 1.0020 | 1.0000 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٥٩) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من

القطعة رقم (٢٠) من مجموعة المتحف





| Element | Wt %   | At %   | Z      | A      | F      |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NaK     | 2.47   | 4.14   | 1.0276 | 0.2721 | 1.0062 |
| MgK     | 0.68   | 1.07   | 1.0543 | 0.3517 | 1.0120 |
| AlK     | 3.59   | 5.13   | 1.0242 | 0.4625 | 1.0207 |
| SiK     | 49.45  | 67.82  | 1.0549 | 0.5452 | 1.0017 |
| PbM     | 22.77  | 4.23   | 0.8284 | 0.7460 | 1.0005 |
| K K     | 8.74   | 8.61   | 1.0229 | 0.5408 | 1.0052 |
| SnL     | 2.01   | 0.65   | 0.8334 | 0.7258 | 1.0014 |
| CaK     | 4.79   | 4.60   | 1.0456 | 0.5738 | 1.0018 |
| MnK     | 2.20   | 1.55   | 0.9356 | 0.8444 | 1.0083 |
| FeK     | 2.31   | 1.60   | 0.9553 | 0.8795 | 1.0123 |
| CuK     | 0.99   | 0.60   | 0.9319 | 0.9375 | 1.0317 |
| Total   | 100.00 | 100.00 |        |        |        |

شكل رقم (٦٠) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة ترجيح من

القطعة رقم (٢٣) من مجموعة المتحف



مكونات من البدن أو عمل أى تغير يذكر فى طبيعة النسيج ، لذلك يمكن إستخدامه دون أن يؤثر على البدن .

**العينة الثانية :** أما هذه العينة فكانت من بدن مسامى وتم تنظيف جزء منها بالكالجون . ومن خلال الفحص بالعين المجردة وجد إختلاف فى شكل السطح حيث تم إزالة الإتساخات المتعلقة بالسطح . ويظهر ذلك من الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح حيث توضح الصورة رقم (٥٥) السطح قبل التنظيف بينما توضح الصورة رقم (٥٦) شكل السطح بعد التنظيف وقد تمكن محلول الكالجون من إزالة العوالق دون أن يؤثر على النسيج الداخلي ، ويظهر ذلك بوضوح من خلال المقارنة بين الصورتين السابقتين .

**العينة الثالثة :** كانت هذه العينة من بدن مرتفع المسامية ذو سطح نظيف "حديث الكسر" وبإستخدام الكالجون فى التنظيف على هذه العينة لم نلاحظ إختلاف بين الجزء الذى تم تنظيفه والجزء الذى لم يتم تنظيفه ، ويظهر ذلك أيضا فى الصورة رقم (٥٧) التى توضح الشكل الأصلي للبدن قبل التنظيف بالكالجون وذلك عند مقارنتها بالصورة رقم (٥٨) التى توضح شكل البدن بعد التنظيف .

**العينة الرابعة:** وهى العينة الأخيرة من بدن منخفض المسامية ومن خلال الفحص بالعين المجردة وجد أن هناك إختلاف فى لون السطح وذلك حسب المدة التى استمرت فيها الكمادة ، حيث نجد أن صورته رقم (٥٩) توضح شكل البدن قبل التنظيف أما الصورة رقم (٦٠) فتوضح الإزالة الجزئية للإتساخات حيث أن الكمادة استمرت لمدة ١٠ دقائق أما الصورة رقم (٦١) فتوضح الإزالة الكاملة للإتساخات حيث استمرت الكمادة لمدة ٢٠ دقيقة.

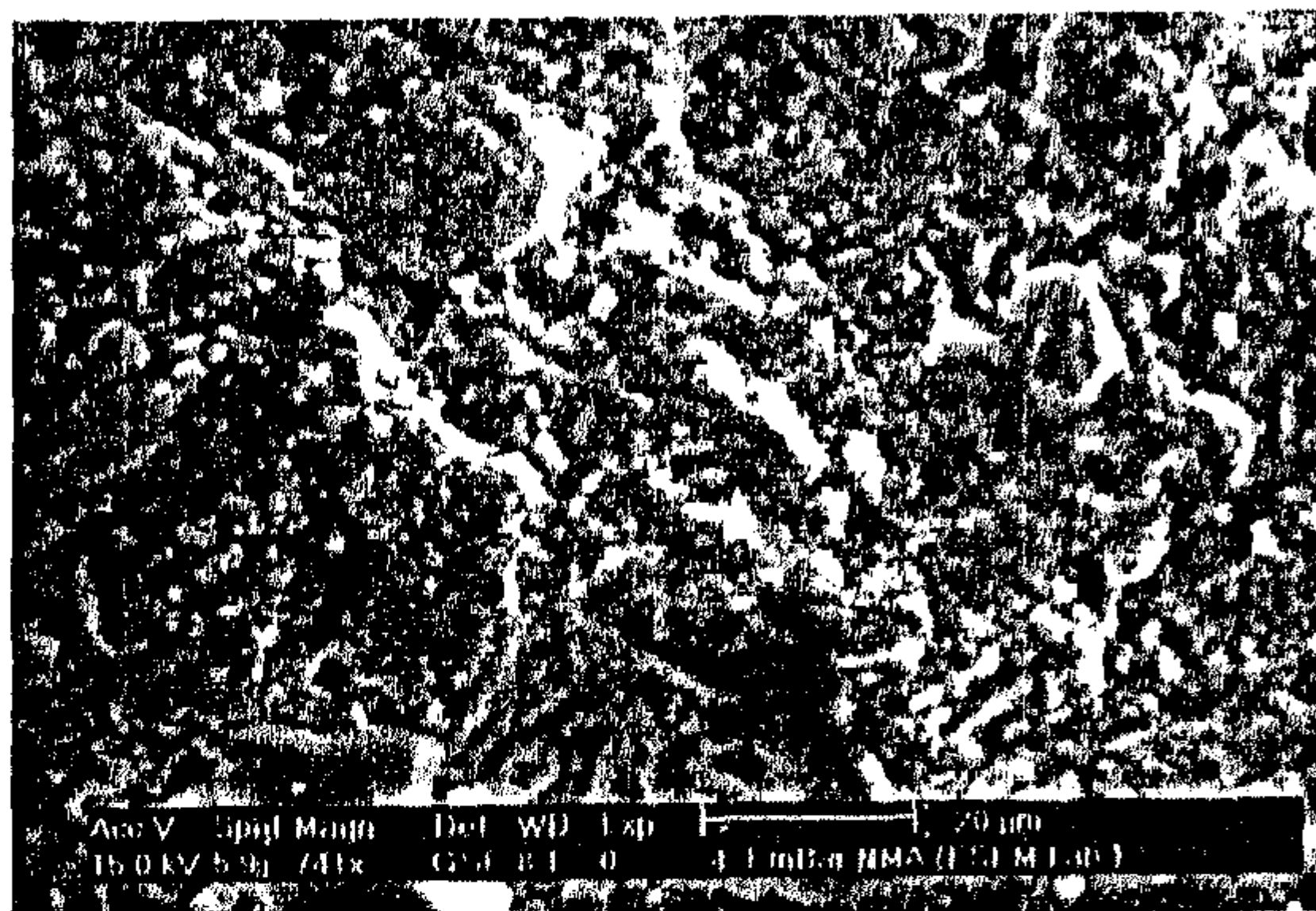
مما سبق يتضح لنا أن إستخدام محلول الكالجون فى التنظيف بتركيز لا يزيد عن ٣% لا يؤثر على النسيج الداخلى للبدن ولايؤدى إلى إزالة أى من مكونات البدن ، وهذا ما تظهره صور الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني للأسطح النظيفة، حيث كان لمحلول الكالجون القدرة على إزالة الإتساخات والعوالق دون أن تؤثر على النسيج .

#### ب - دراسة مواد التقوية :

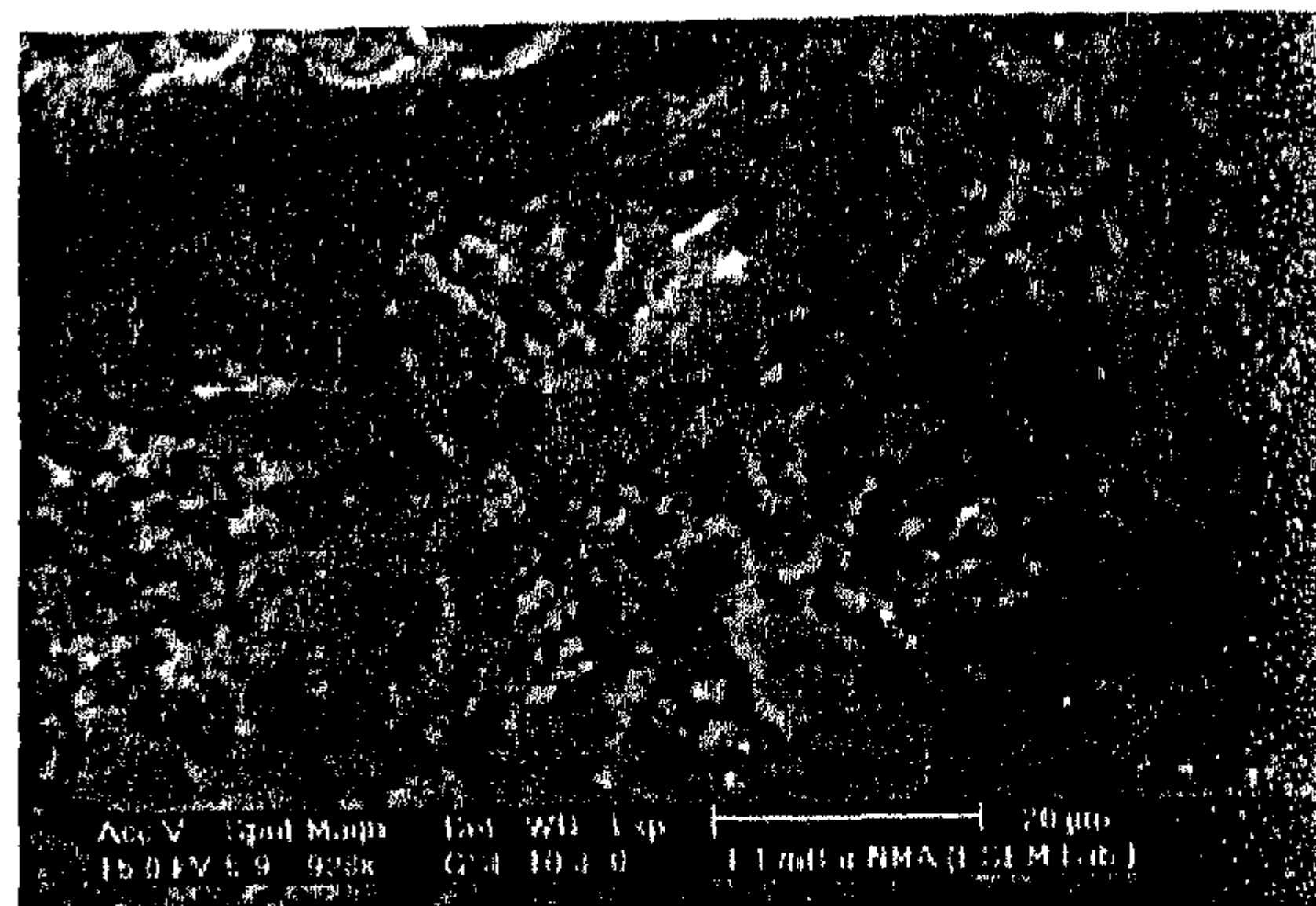
يلعب الميكروسكوب الإلكتروني الماسح دورا هاما فى الكشف عن فاعلية المواد المقوية والتأكد من قدرتها على ربط الحبيبات معا وكذلك التأكد من مدى تغلغلها داخل نسيج البدن . وقد استخدمت بعض المواد الشائعة الاستخدام فى تجارب التقوية، ومن أهمها البارالويد ب٧٢ بتركيزات ٣% ، ٥% و البولي فينيل بيوترا ل ،الاديكون(هو أحد مركبات الأكريليك وهو عبارة من Methyl Methyl Metha acrylate وقد تم تخفيفه بنسبة ١:١ مع الزايلين) بالاضافه الي



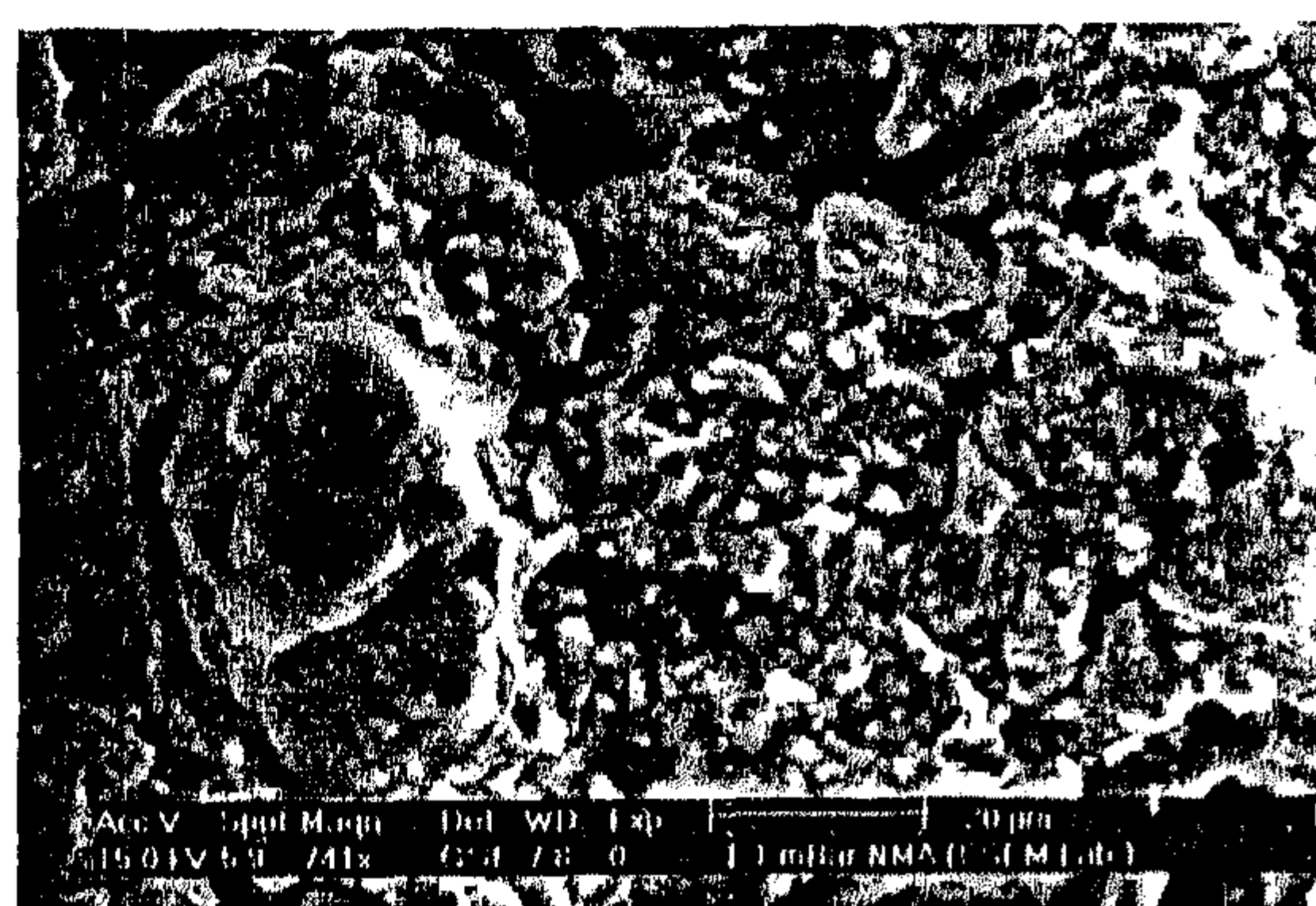




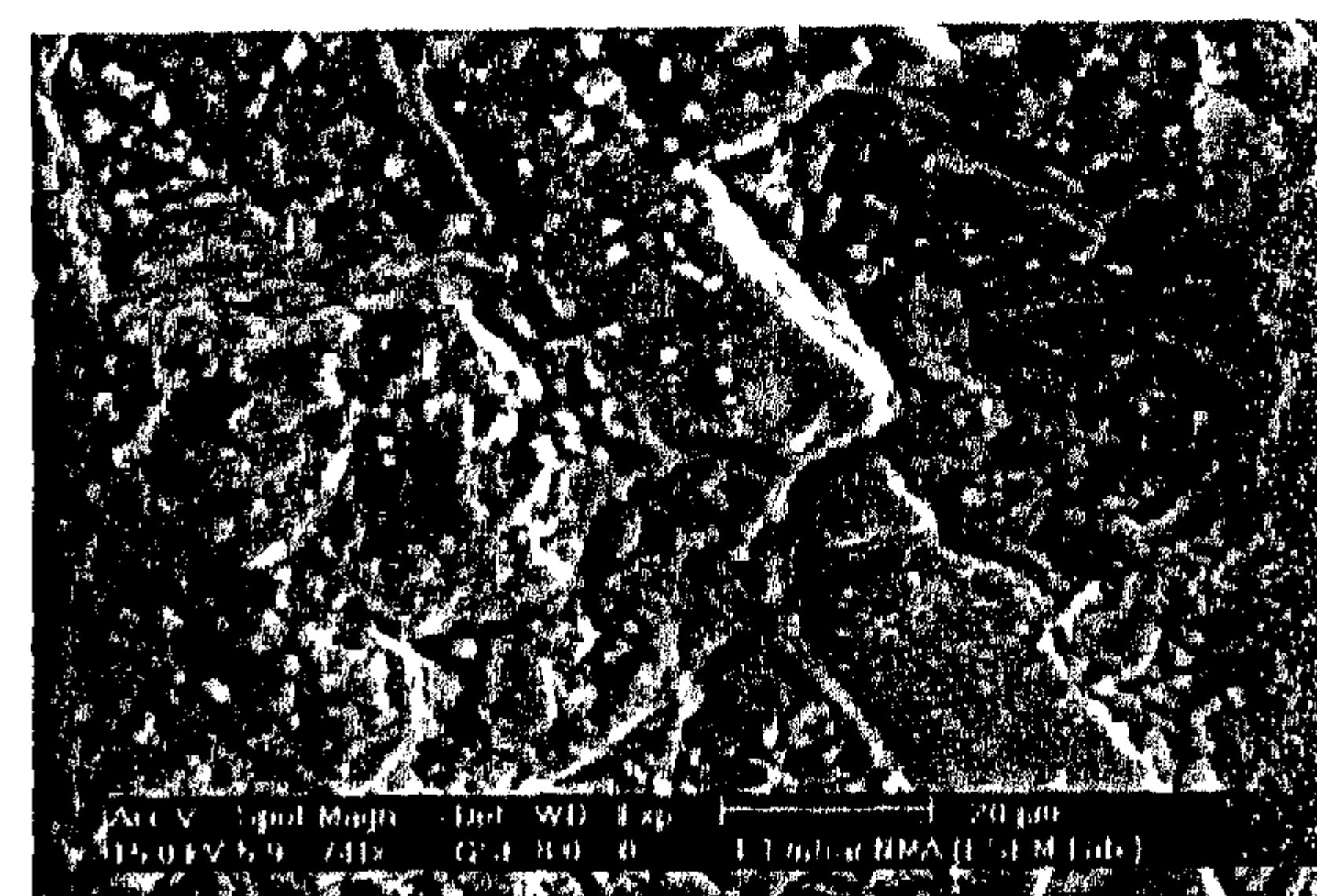
صورة رقم (٥٢) توضح النسيج الداخلي للعينه  
قبل التنظيف بمحلول الكالسيوم  
التكبير X ٧٤١



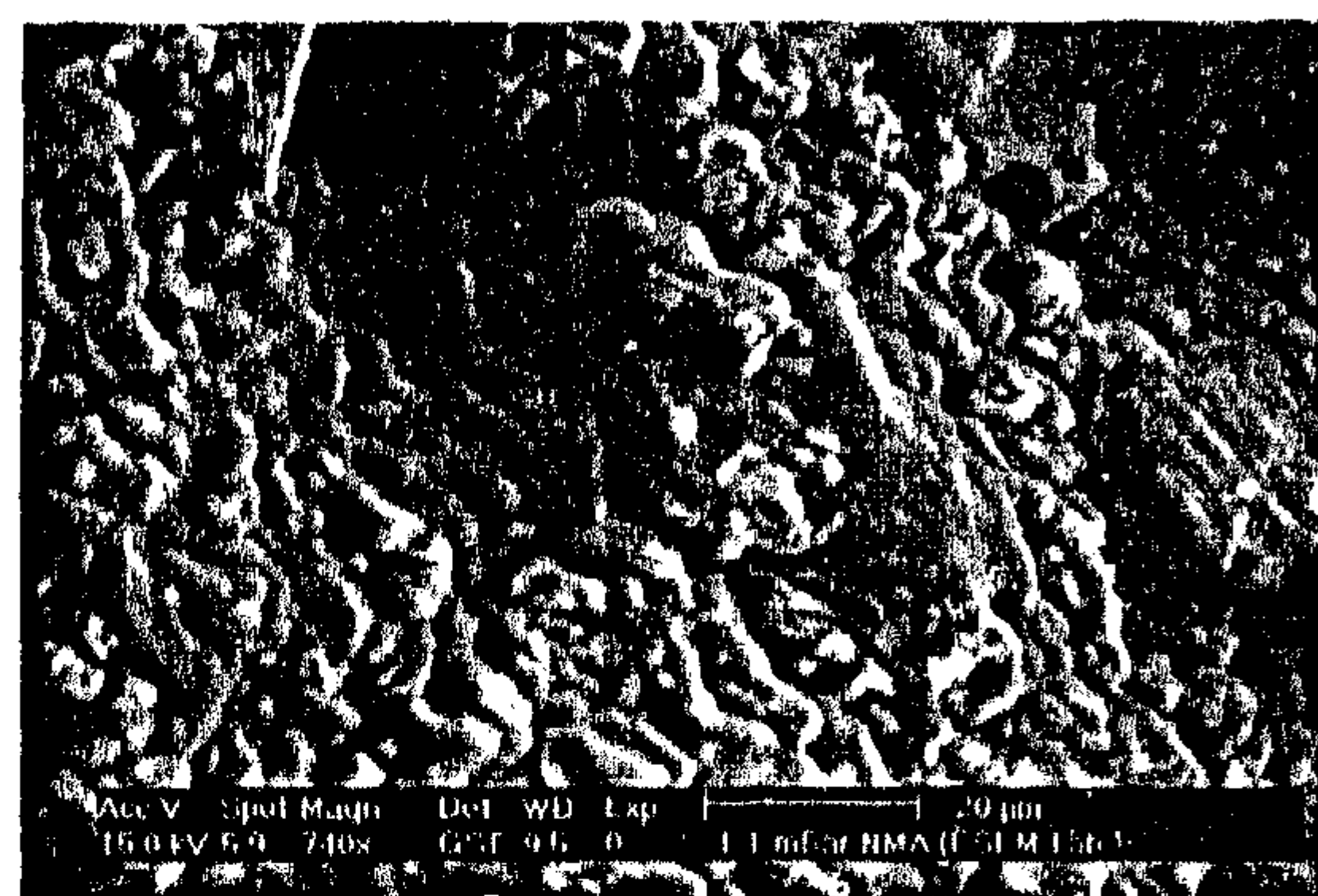
صورة رقم (٥١) توضح حالة الضعف التي  
تظهر في النسيج الداخلي للقطعة رقم (٣)  
من مجموعة المتحف، التكبير X ٩٢٨



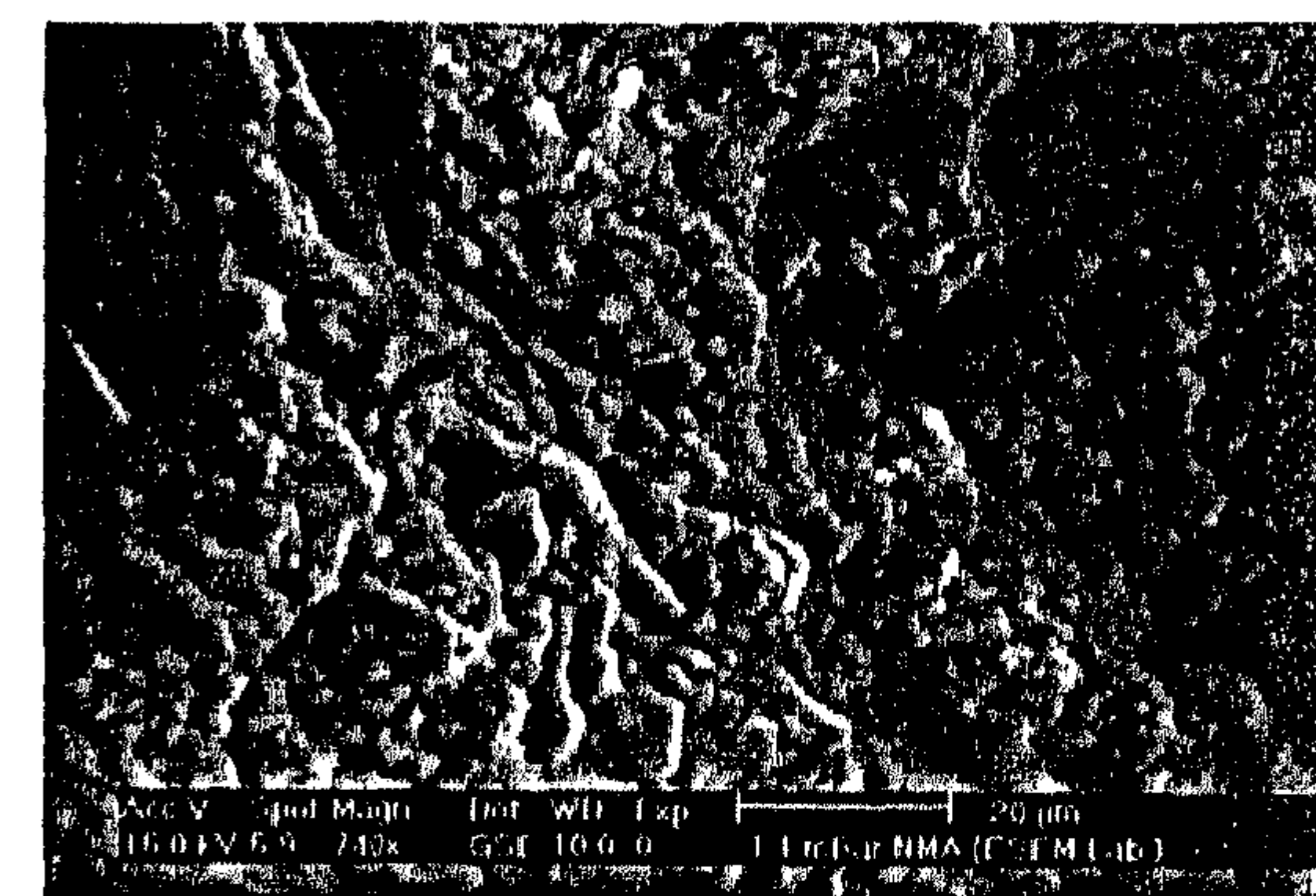
صورة رقم (٥٤) توضح نفس العينه السابقة  
بعد التنظيف بالكالسيوم لمدة ٢٠ دقيقة،  
التكبير X٧٤١



صورة رقم (٥٣) توضح العينه السابقة بعد  
التنظيف بالكالسيوم لمدة ١٠ دقائق،  
التكبير X٧٤١



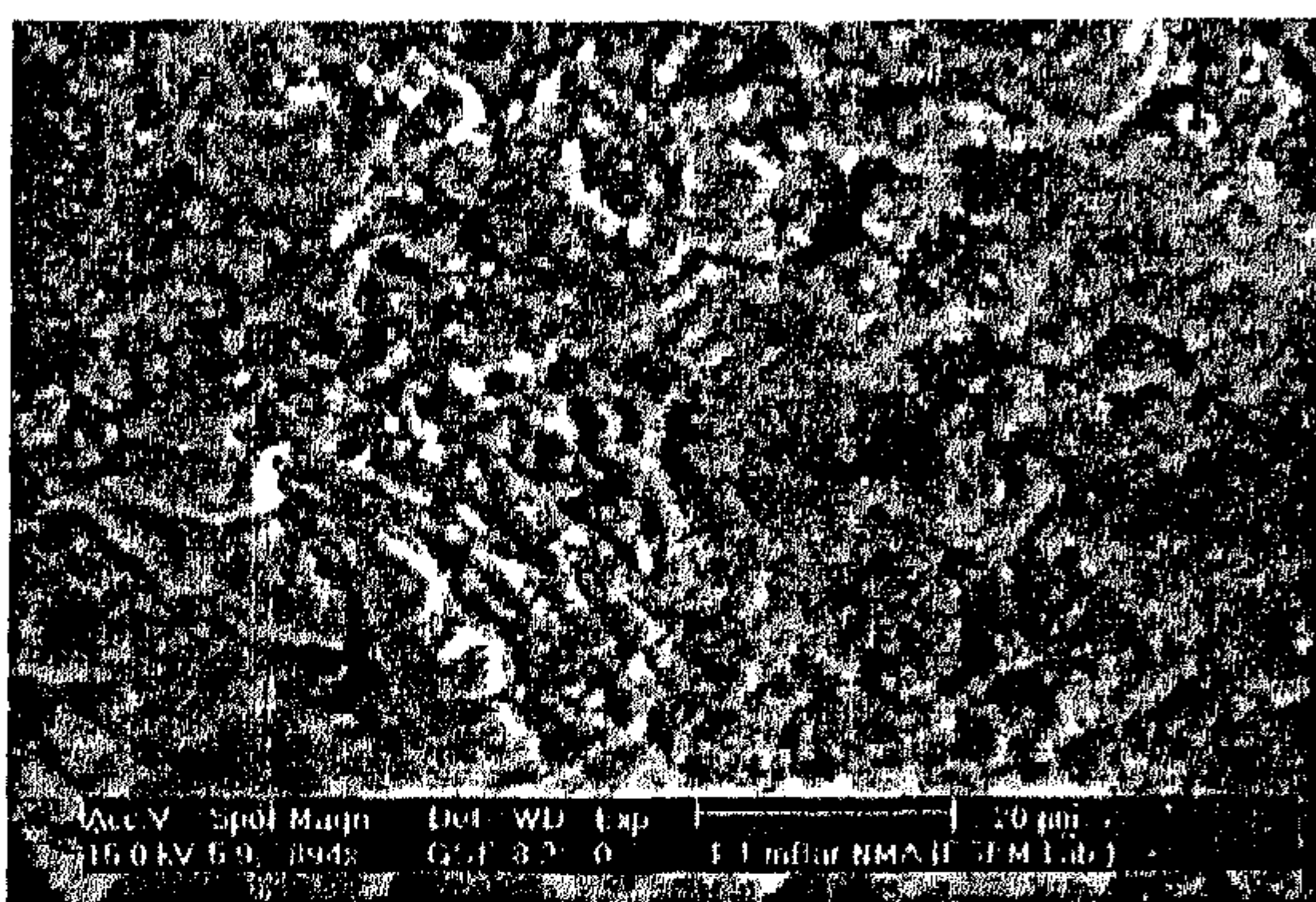
صورة رقم (٥٦) توضح العينه السابقة  
بعد التنظيف بمحلول الكالسيوم  
التكبير X٧٤٠



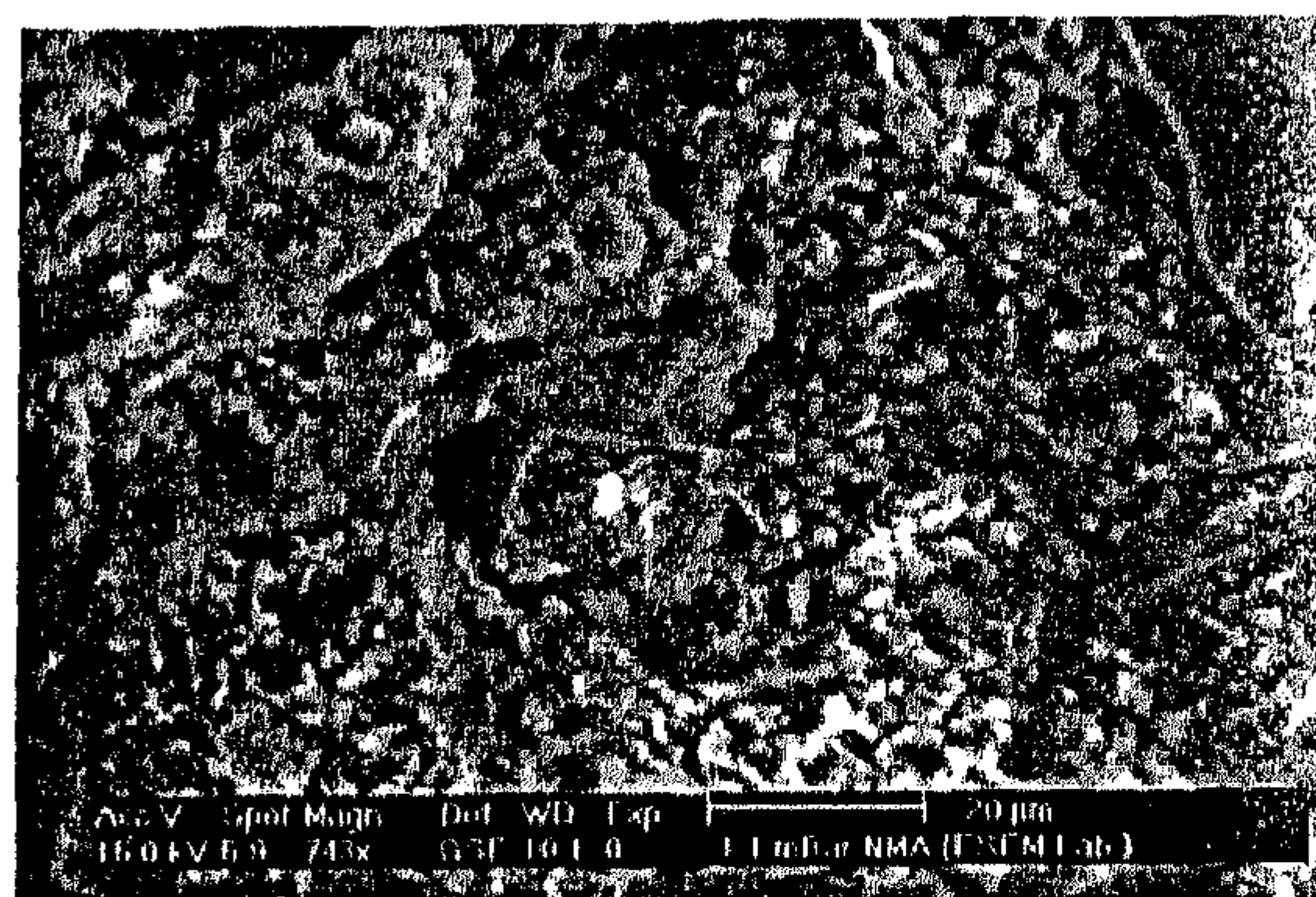
صورة رقم (٥٥) توضح شكل البدن المسامي  
قبل التنظيف بمحلول الكالسيوم ،  
التكبير X٧٤٠



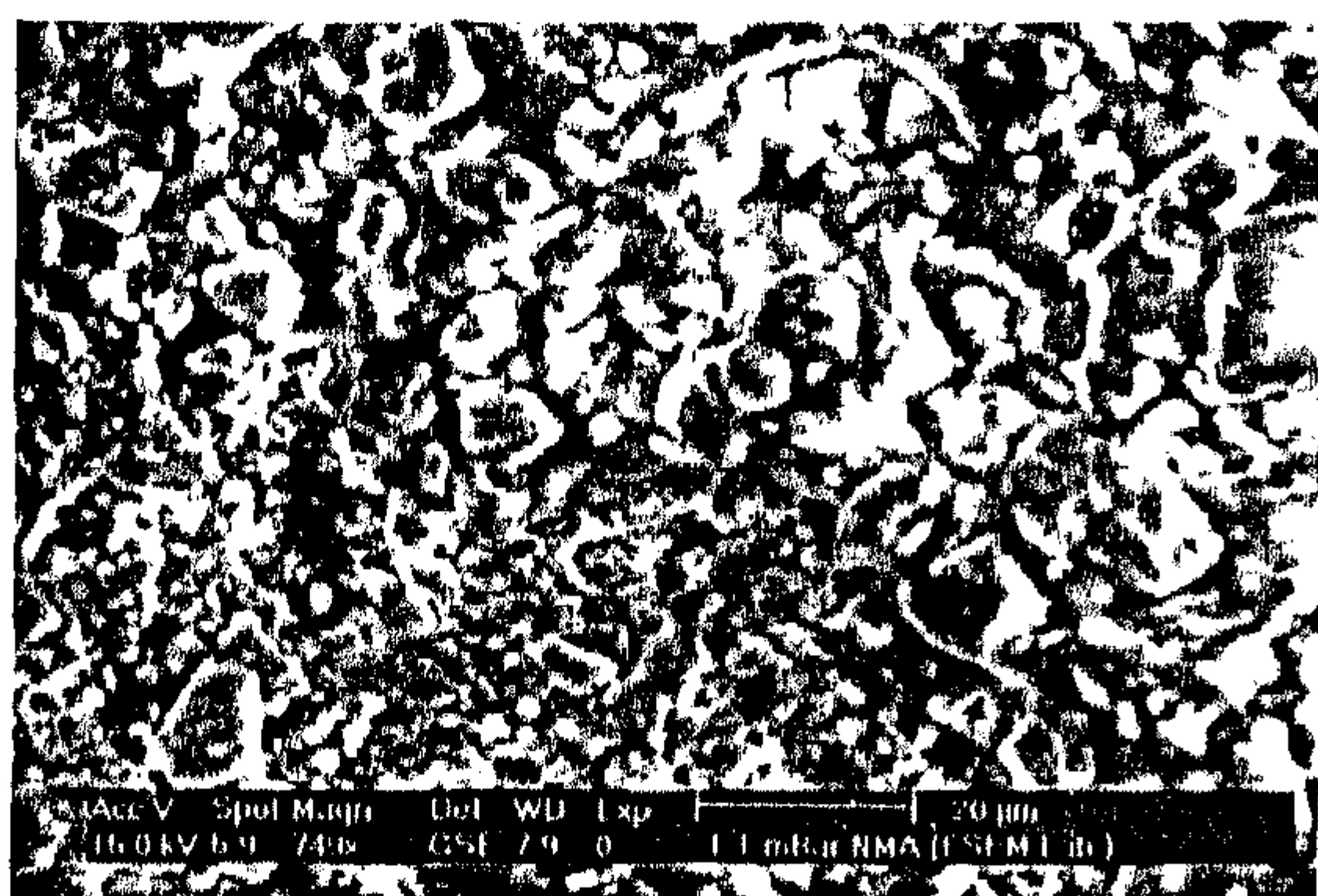




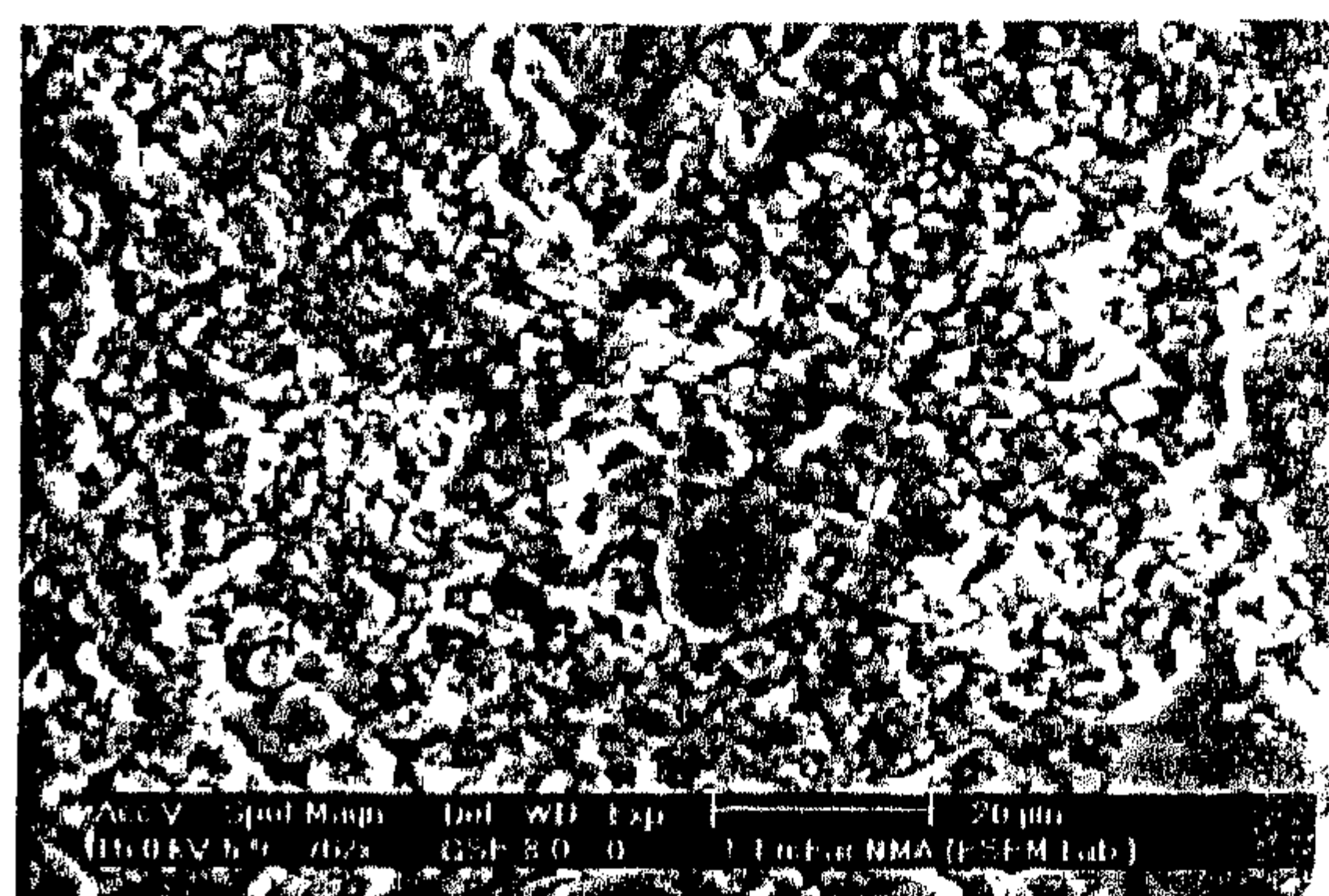
صورة رقم (٥٨) توضح شكل البدن مرتفع  
المسامية بعد التنظيف بالكالكجون  
التكبير X٨٩٤



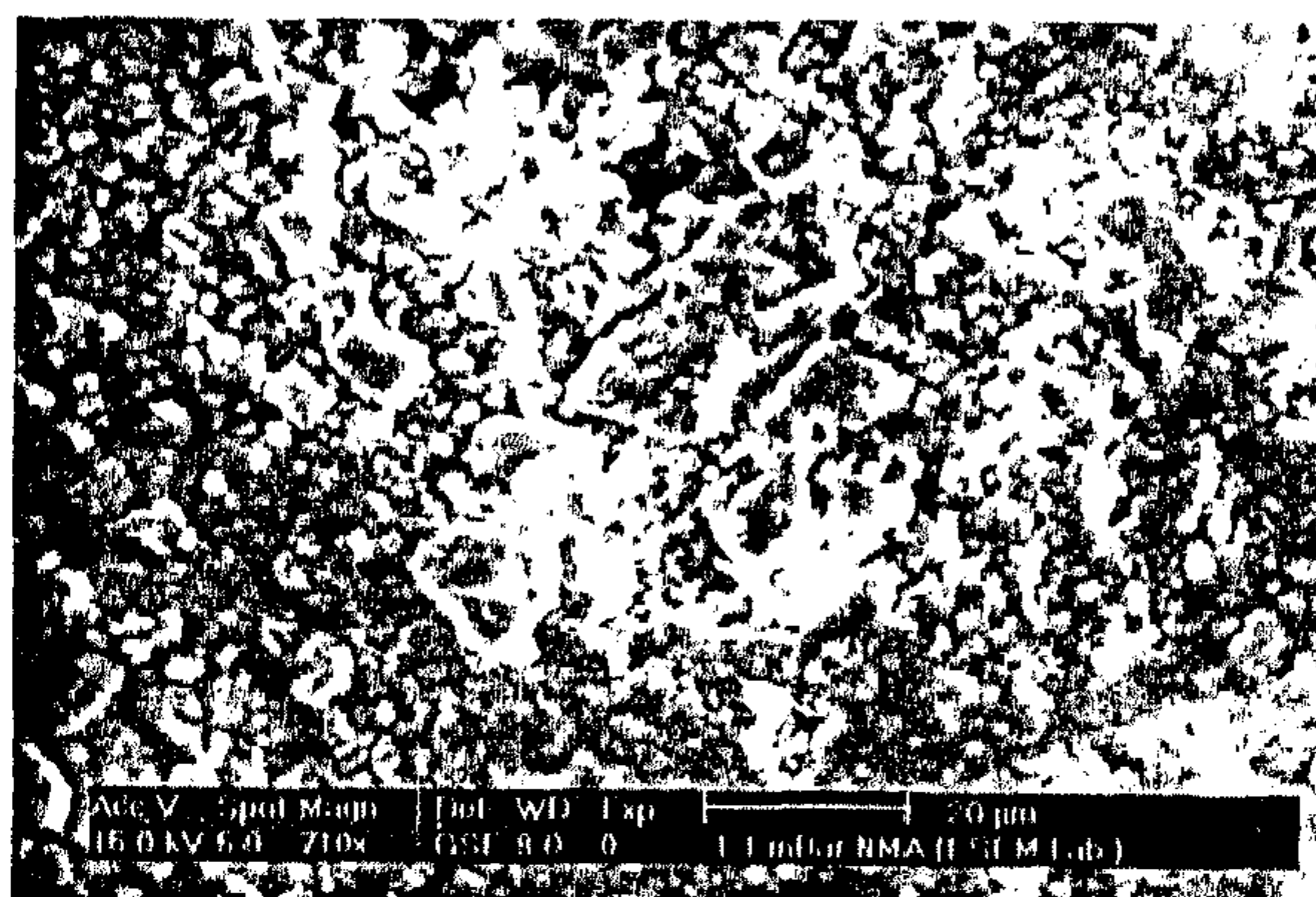
صورة رقم (٥٧) توضح بدن مرتفع المسامية  
قبل التنظيف بمحلول الكالكجون  
التكبير X٧٤٣



صورة رقم (٦٠) توضح شكل البدن منخفض  
المسامية بعد التنظيف بالكالكجون لمدة  
١٠ دقائق ، التكبير X٧٤٩



صورة رقم (٥٩) توضح شكل البدن منخفض  
المسامية قبل التنظيف بالكالكجون،  
التكبير X ٧٦٢



صورة رقم (٦١) توضح شكل البدن منخفض المسامية  
بعد التنظيف بالكالكجون لمدة ٢٠ دقيقة ،  
التكبير X٧١٠





سليكات الاثيل (تتركب من تترا إيثوكس سيلان  $\text{Tetra Ethoxy Si(OC}_2\text{H}_5)_4 \text{ silane}$  ويتميز لون المحلول بالشفافية ويستخدم مع الكحول الإيثيلي) وقد استخدم خليط من الزايلين والاسيتون بنسبة ١:٣ علي الترتيب.

- وقد تم دراسة وفحص بعض الكسر الخزفيه من عينات الفسطاط قبل وبعد التقوية وتوضح الصورة رقم (٦٢) شكل البدن منخفض المسامية وذلك قبل القيام بعملية التقوية. بينما توضح الصورة رقم (٦٣) شكل عينة بدن مرتفع المسامية وذلك قبل القيام بعملية التقوية ، هذه العينة من الفسطاط .

وتوضح الصورة رقم (٦٤) شكل البدن منخفض المسامية بعد التقوية بمحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% ، حيث يظهر التغطية والتغلغل الذي حدث . اما الصورة رقم (٦٥) فتوضح شكل عينة لبدن مسامي بعد التقوية باستخدام محلول البارالويد ٧٢ بتركيز ٥% حيث يظهر تغليف المحلول للحبيبات المكونة للبدن .

وتظهر الصورة رقم (٦٦) شكل البدن مرتفع المسامية بعد تقويته بمحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣% ثم يتبع ذلك التقوية بتركيز ٥% ويظهر من الصورة تغليف محلول البارالويد ب ٧٢ لحبيبات البدن . اما الصورة رقم (٦٧) فتوضح عينة لبدن متوسط المسامية بعد تقويته ب ٣% ثم ٥% من محلول البارالويد ب ٧٢ .

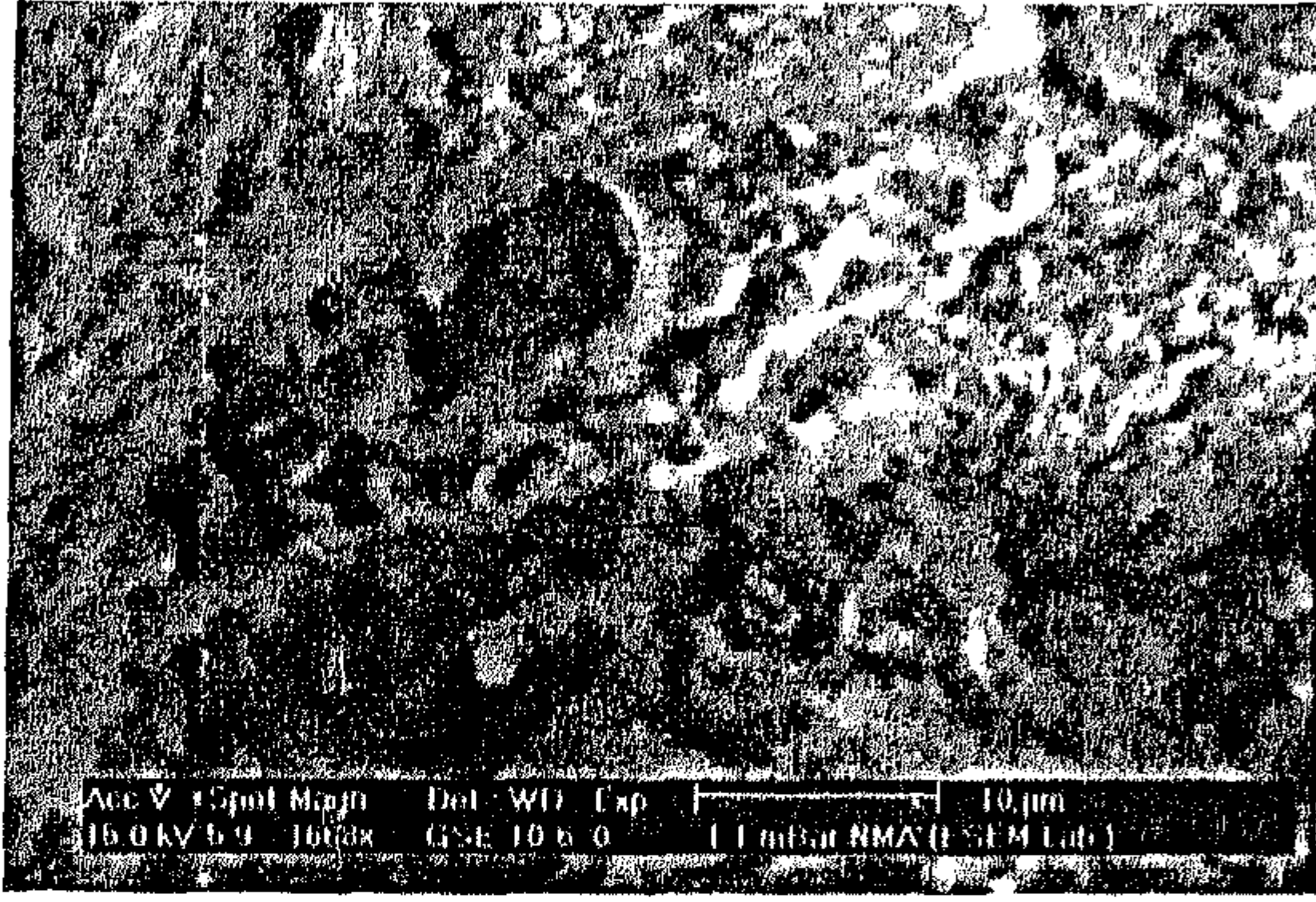
و تبين الصورة رقم (٦٨) شكل انتشار محلول البارالويد ب ٧٢ وتغليفه وذلك لعينة منخفضة المسامية تم تقويتها بمحلول ٣% ثم محلول ٥% ، بينما الصورة رقم (٦٩) توضح شكل الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لأحد عينات الفسطاط بعد تقويتها بمحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣% ثم تركيز ٥% . وبالنسبة للتقوية باستخدام الأديكون فان الصورة رقم (٧٠) لعينة من بدن مرتفع المسامية ويظهر الانتشار الجيد لمحلول الأديكون داخل النسيج. بينما الصورة رقم (٧١) توضح عينة منخفضة المسامية بعد تقويتها بمحلول من الأديكون مع الزايلين بنسبة ١:١ .

وبالنسبة للتقوية باستخدام سليكات الاثيل فان الصورة رقم (٧٢) توضح عينة لبدن مرتفع المسامية بعد تقويته بالإيثيل سليكات . حيث يظهر الربط الذي قامت به مادة التقوية . وتوضح الصورة رقم (٧٣) الشكل الشبكي الذي تكونه مادة الإيثيل سليكات داخل نسيج البدن منخفض المسامية.

وبالنسبة للتقوية بالبولى فينيل بيوترا ل فان الصورة رقم (٧٤) توضح شكل عينة لبدن مرتفع المسامية تم تقويته بمحلول ٥% من البولى فينيل بيوترا ل . ويظهر فى هذه الصورة

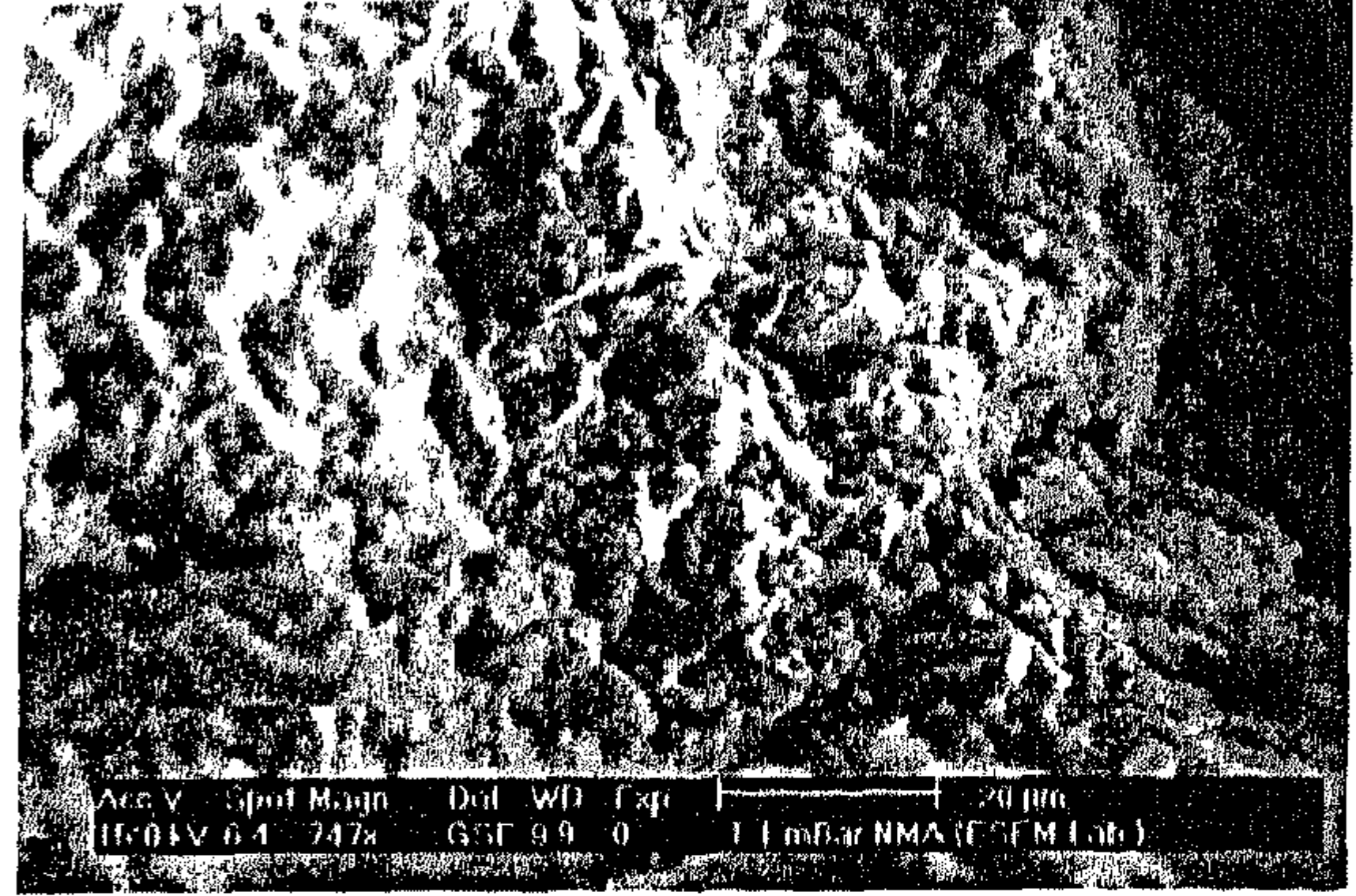






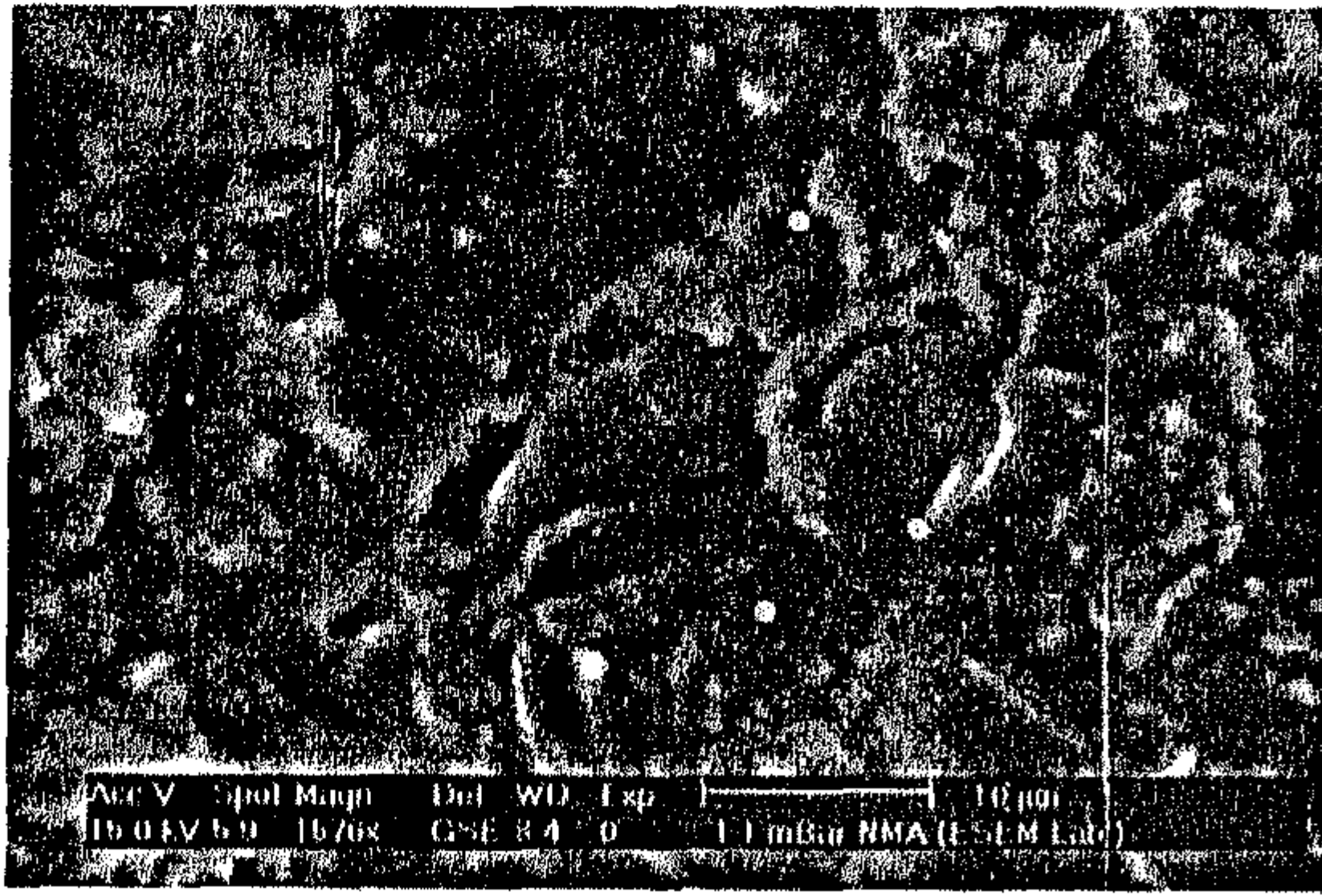
صورة رقم (٦٣) توضح بدن مرتفع المسامية

قبل التقوية ، التكبير X1٦٦٨



صورة رقم (٦٢) توضح بدن منخفض المسامية

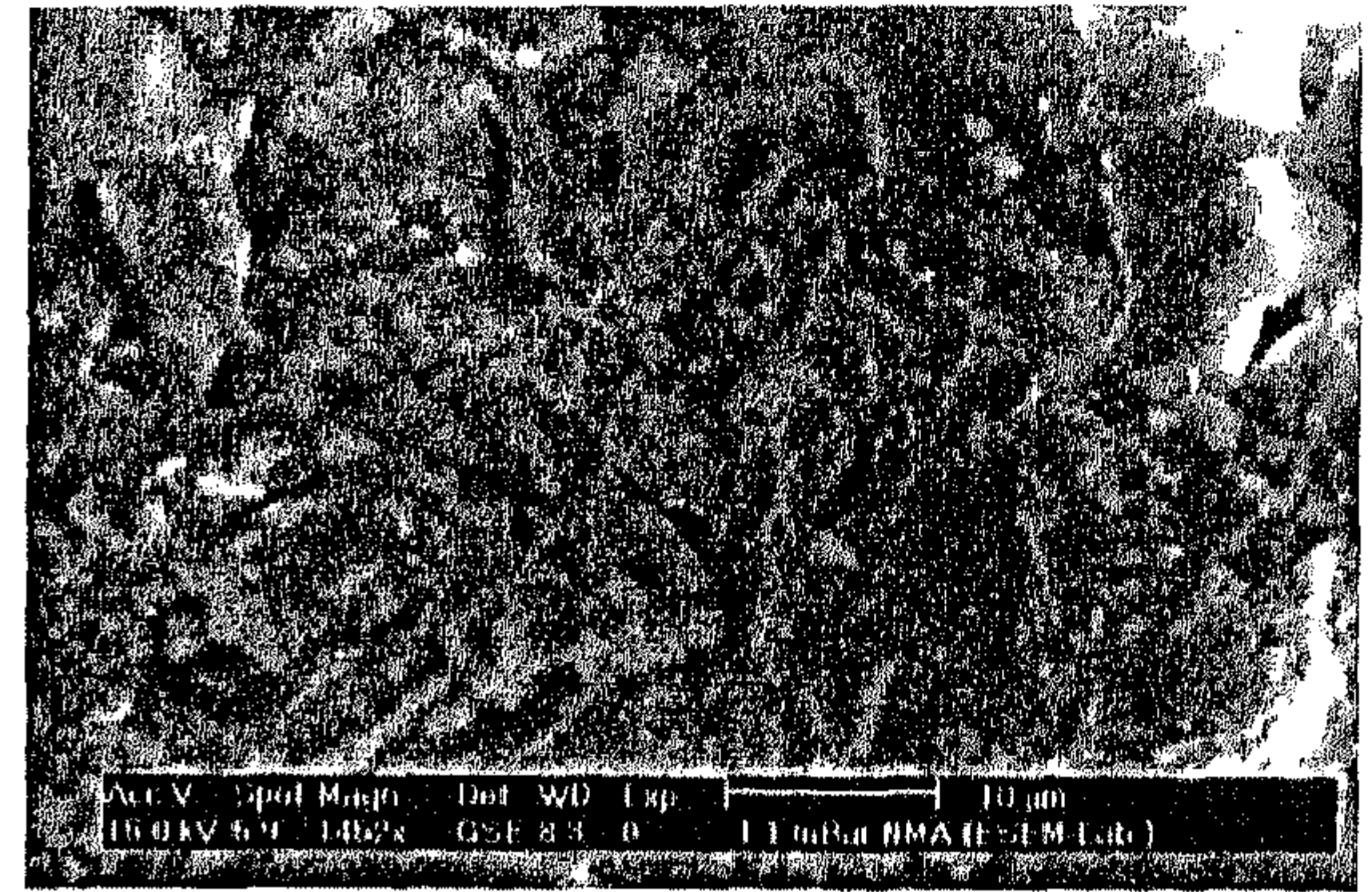
قبل التقوية ، التكبير X٧٤٧



صورة رقم (٦٥) توضح البدن المسامي بعد

بعد تقويته بالبارالويد ب٧٢ بتركيز ٥%

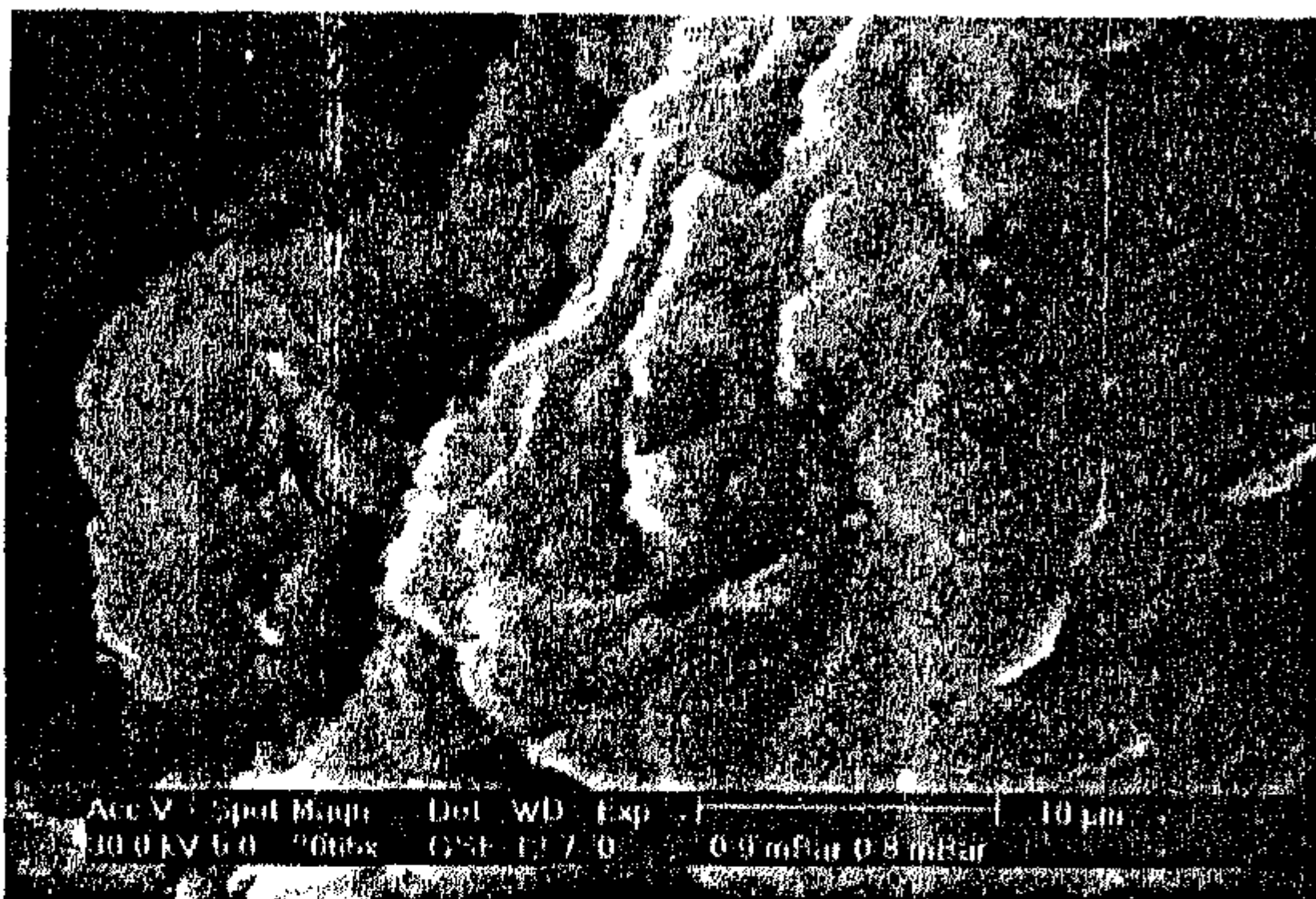
التكبير X ١٥٧٦



صورة رقم (٦٤) توضح البدن منخفض المسامية

بعد تقويته بالبارالويد ب٧٢ بتركيز ٥%

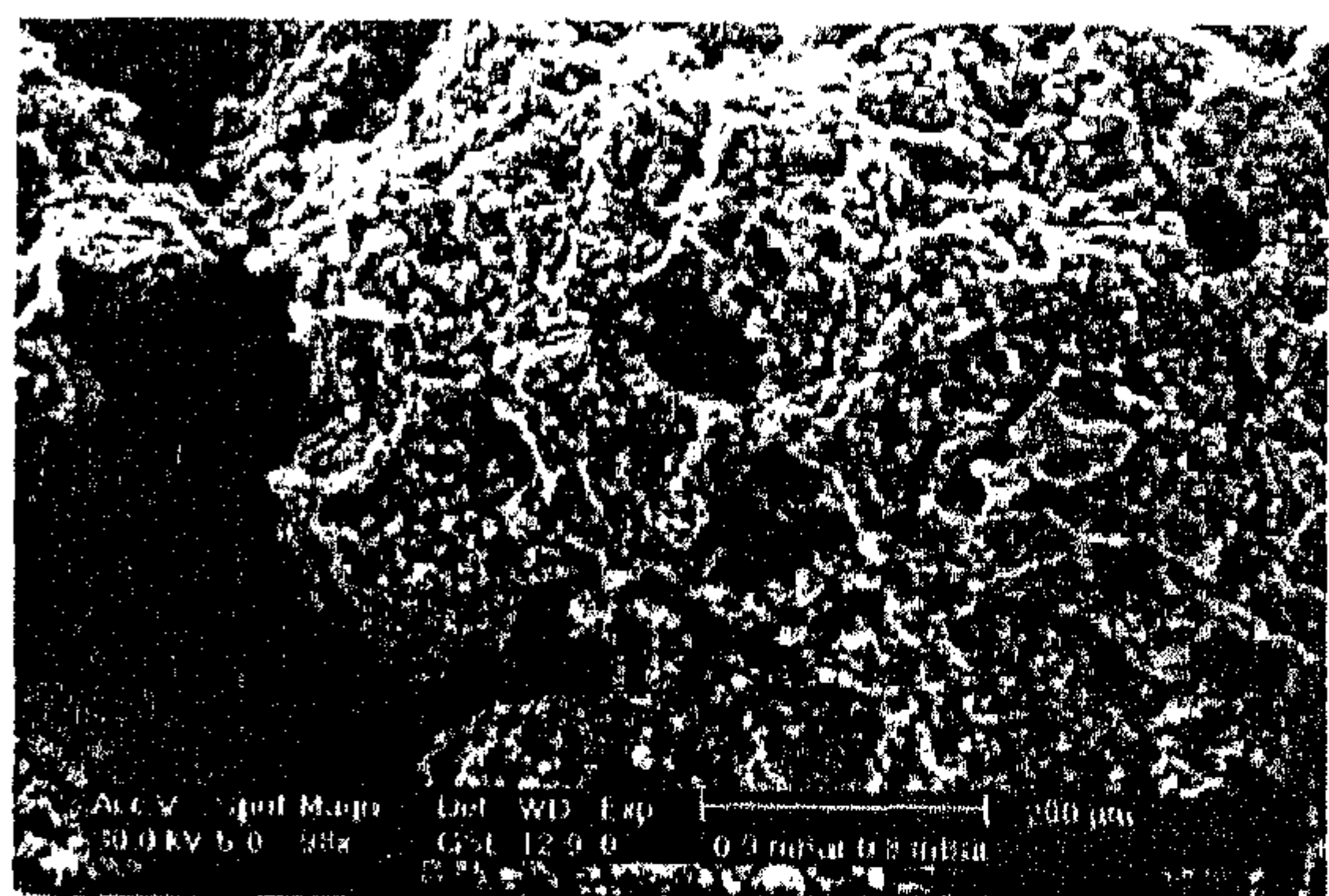
التكبير X ١٤٥٢



صورة رقم (٦٧) توضح البدن المسامي بعد

تقويته بـ٣% ثم ٥% من محلول

البارالويد ب ٧٢ ، التكبير X ٢٠٦٥



صورة رقم (٦٦) توضح البدن مرتفع المسامية

بعد تقويته بـ٣% ثم ٥% من محلول

البارالويد ب ٧٢ ، التكبير X ٩٨

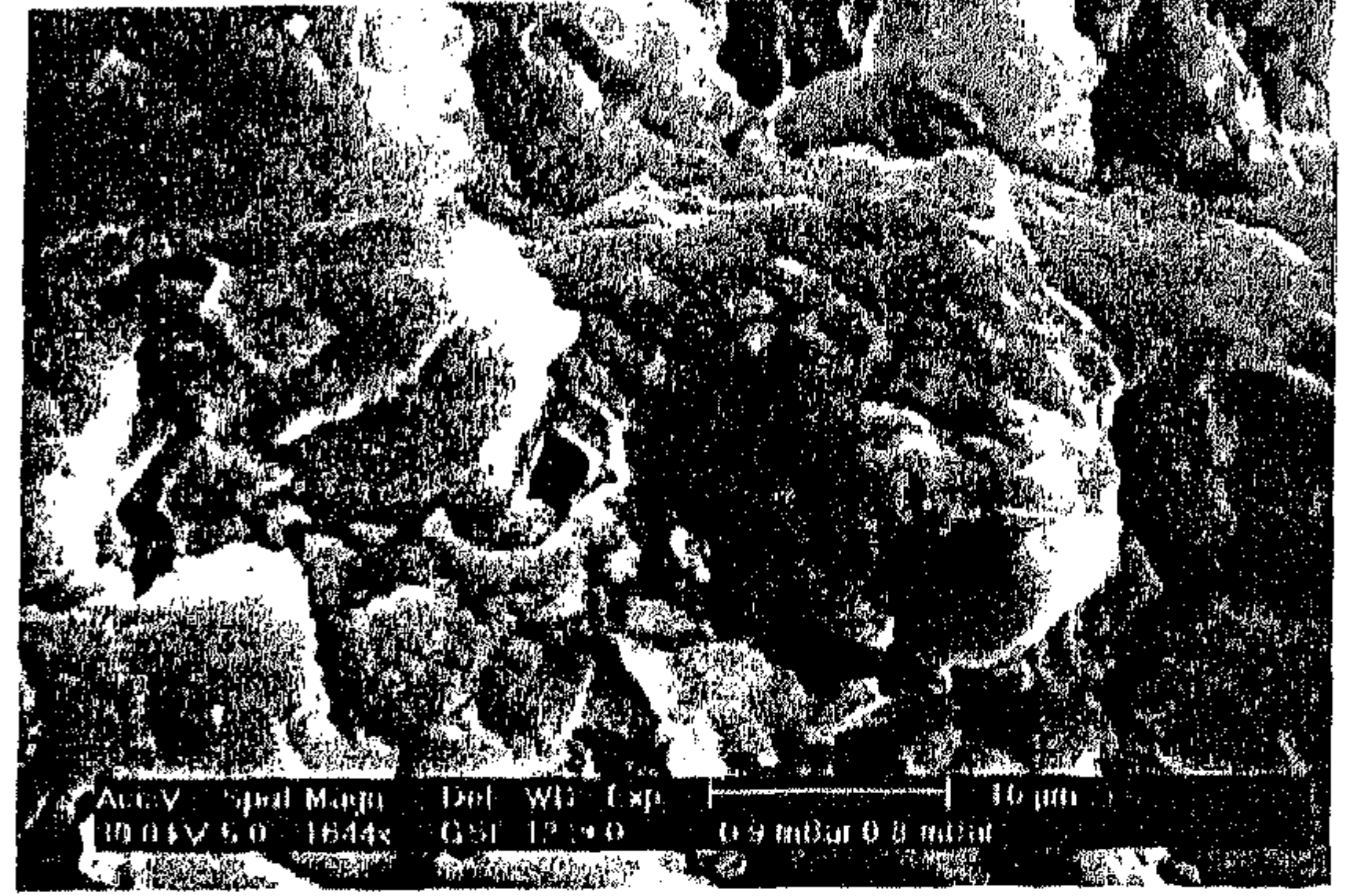




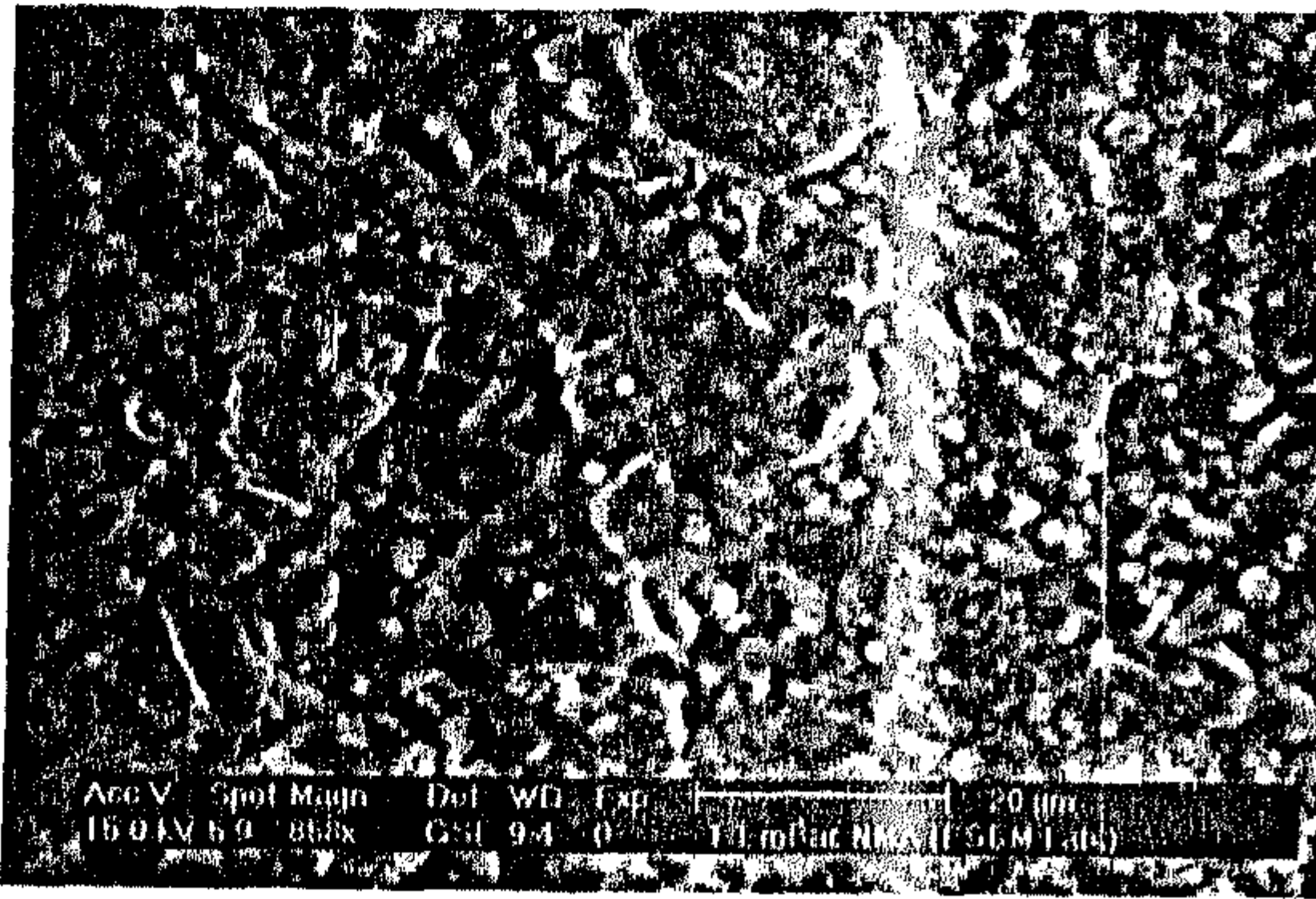




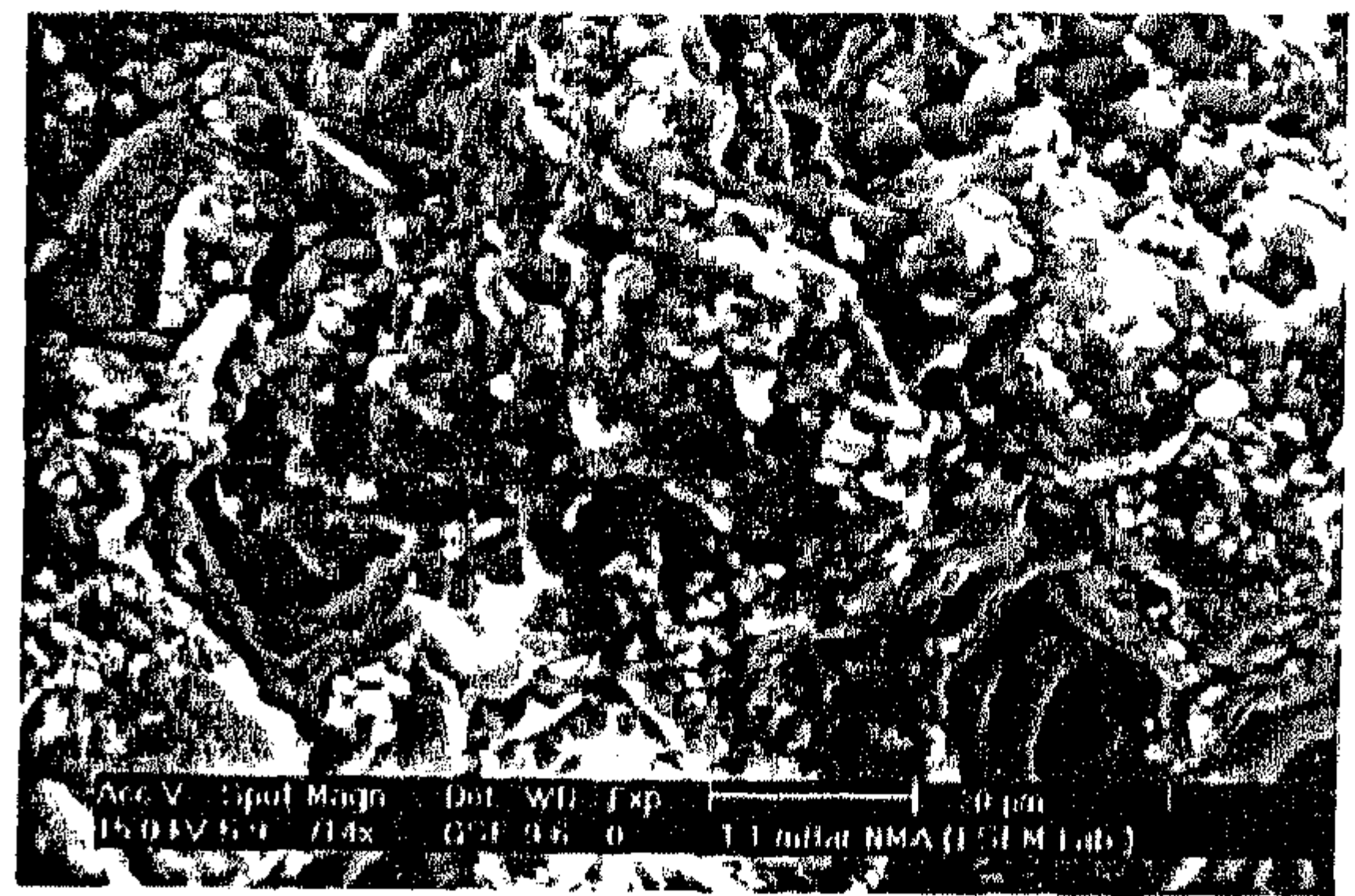
صورة رقم (٦٩) توضح احد عينات الفسفاط  
بعد تقويته بـ ٣% ثم ٥% من محلول  
البارالويد ب٧٢ ، التكبير X٧٢٣



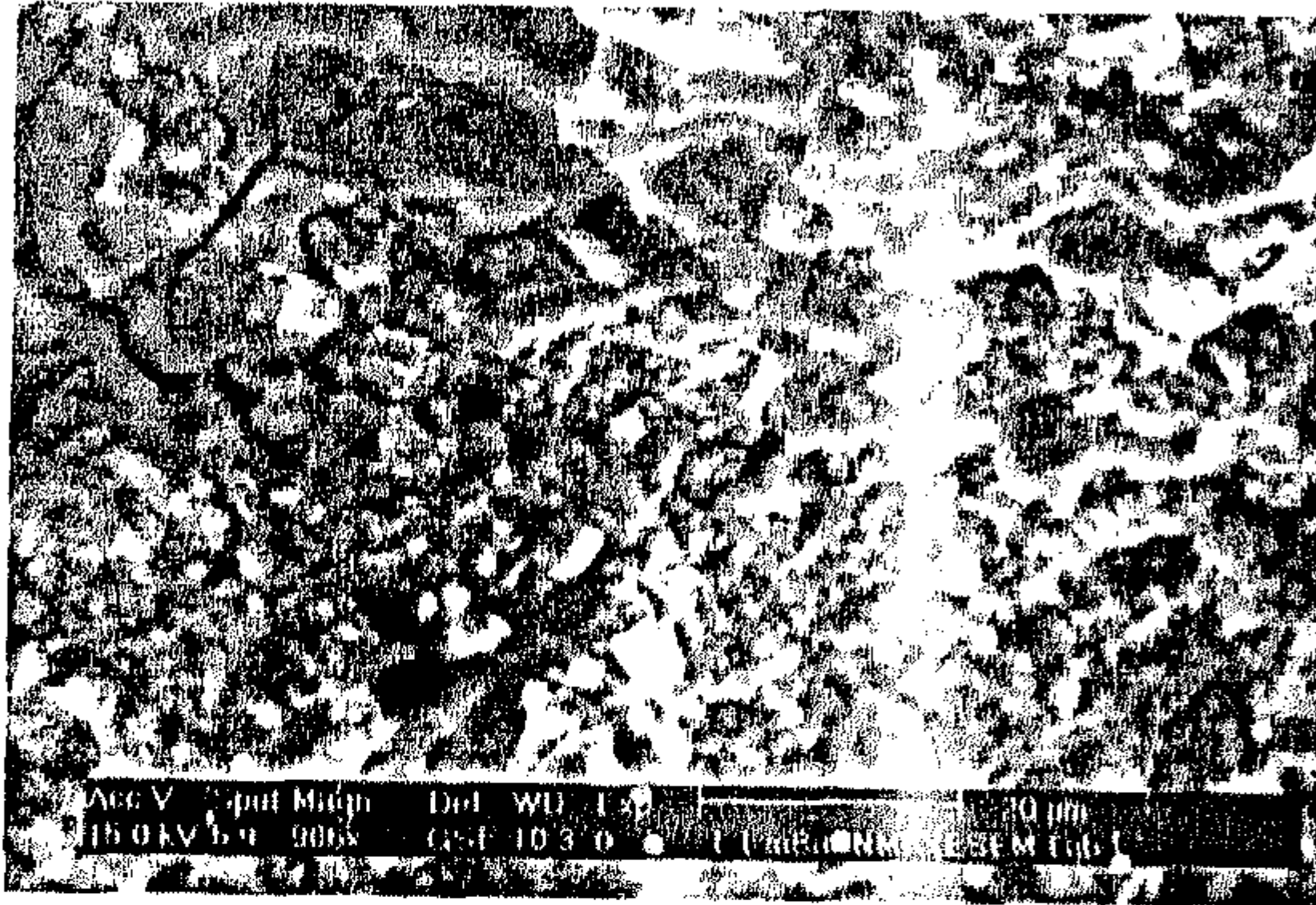
صورة رقم (٦٨) توضح البدن منخفض المسامية  
بعد تقويته بـ ٣% ثم ٥% من محلول  
البارالويد ب٧٢ ، التكبير X١٦٤٤



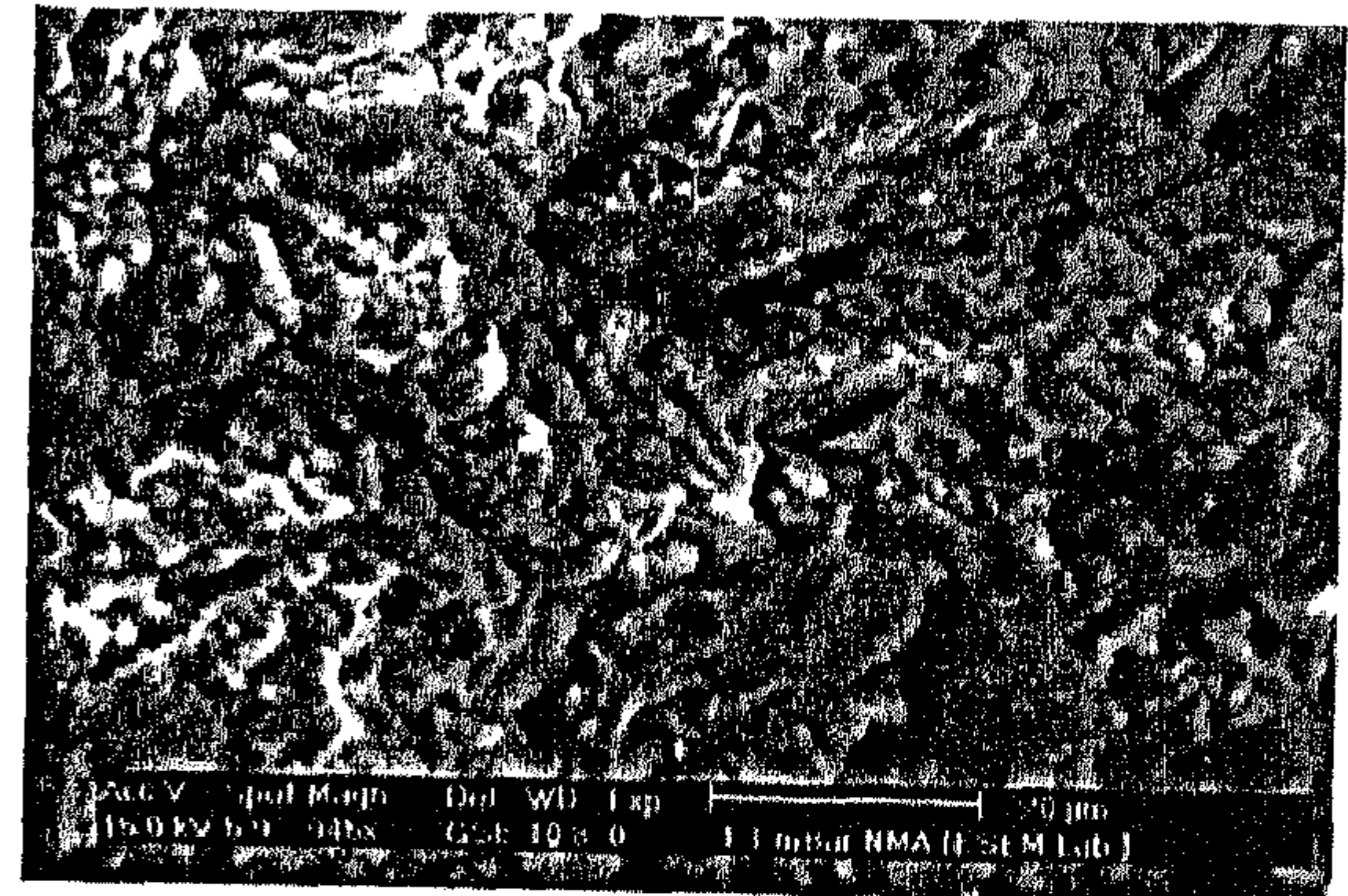
صورة رقم (٧١) توضح بدن منخفض المسامية  
بعد تقويته بمحلول الأديكون و الزايلين  
التكبير X٨٥٨



صورة رقم (٧٠) توضح البدن مرتفع المسامية  
بعد تقويته بمحلول من الاديكون و الزايلين  
التكبير X٧١٤



صورة رقم (٧٣) توضح بدن منخفض المسامية  
بعد تقويته بـ سليكات الإثيل ،  
التكبير X٩٠٦



صورة رقم (٧٢) توضح البدن مرتفع المسامية  
بعد تقويته بـ سليكات الإثيل ،  
التكبير X٩٤٩





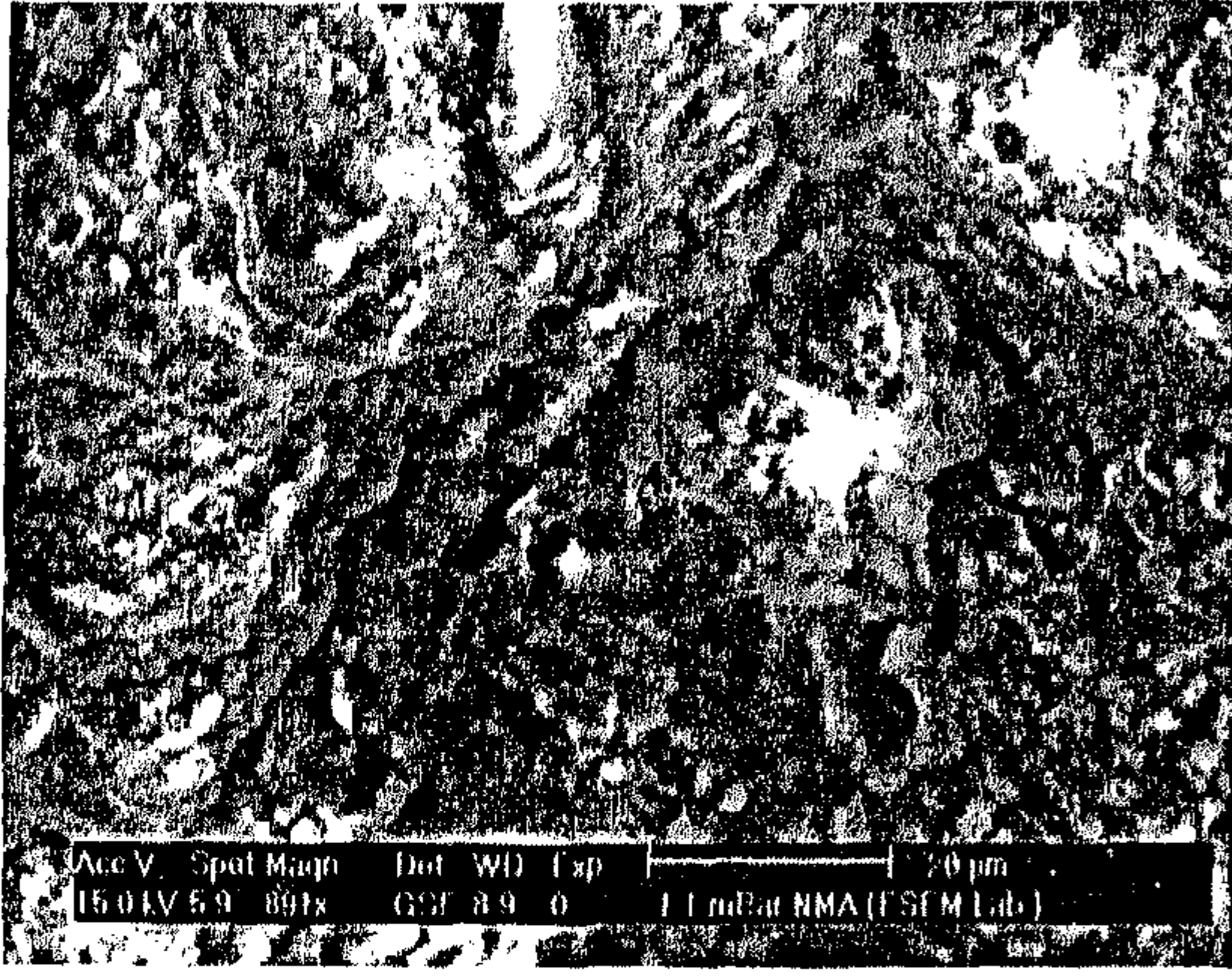


الانتشار غير الجيد . وتوضح الصورة رقم (٧٥) الفحص لعينة من البدن منخفض المسامية تم تقويته بمحلول ٥% من البولى فينيل بيوتترال .

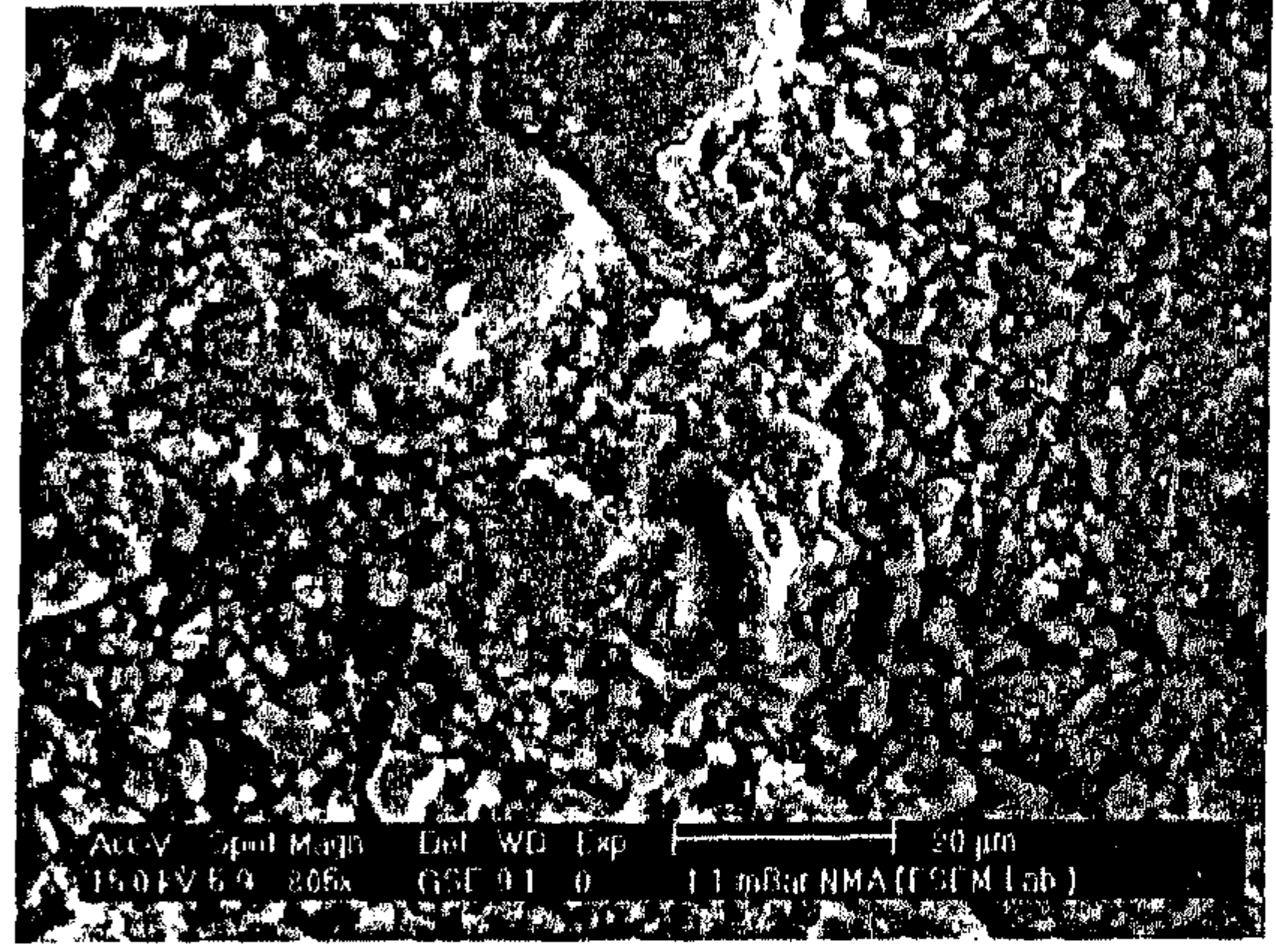
توضح الصورة رقم (٧٦) التقوية لعينة من بدن منخفض المسامية وذلك باستخدام محلول من البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% ثم محلول بتركيز ٥% من البولى فينيل بيوتترال . بينما توضح الصورة رقم (٧٧) التقوية لعينة من بدن مرتفع المسامية وذلك باستخدام محلول من البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% ثم محلول بتركيز ٥% من البولى فينيل بيوتترال .

مما سبق يتضح أن أفضل المواد التى يمكن استخدامها فى تقوية أدوات الإضاءة الخزفية هى البارالويد ب ٧٢ أو مجموعة الأكريلات حيث يأتى بعده فى الترتيب محلول الأديكون ، ويلي ذلك مادة سليكات الإيثيل وأقل المواد فى قدرتها على التقوية هى مادة البولى فينيل بيوتترال .

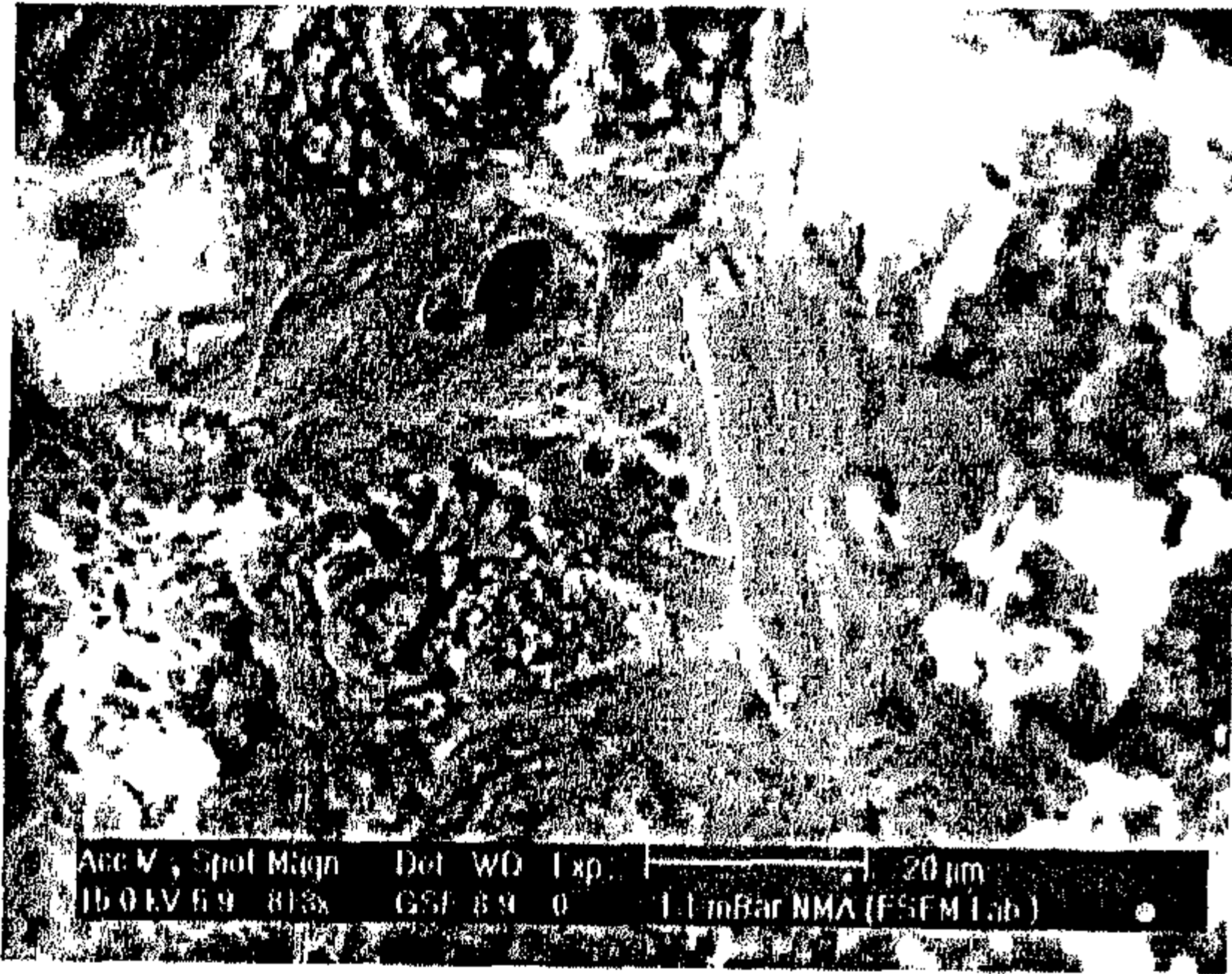




صورة رقم (٧٥) توضح البدن منخفض المسامية  
بعد تقويته بمحلول ٥% من البولي فينيل بيوتراي  
التكبير X ٨٩١



صورة رقم (٧٤) توضح بدن مرتفع المسامية بعد  
تقويته بمحلول البولي فينيل بيوتراي ٥%،  
التكبير X ٨٠٥



صورة رقم (٧٧) توضح بدن منخفض المسامية بعد  
تقويته بمحلول ٥% من البارالويد ب ٧٢ ثم ٥%  
من البولي فينيل بيوتراي ، التكبير X ٨١٣



صورة رقم (٧٦) توضح بدن منخفض المسامية بعد  
تقويته بمحلول ٥% من البارالويد ب ٧٢ ثم ٥%  
من البولي فينيل بيوتراي ، التكبير X ٧٠٢



## الفصل السادس

الجانب التطبيقي في مجموعة

المسارح الخزفية المختارة





يحتوى المتحف الإسلامى بكلية الآثار بجامعة القاهرة على مجموعة من أدوات الإضاءة الخزفية التي تتميز بتنوع أشكالها والعصور التي تنتمي إليها بالإضافة إلى تعدد المشاكل التي تعاني منها .

وقد تم اختيار عدد ٢٤ قطعة حيث تميزت هذه القطع باختلاف أشكالها فمنها المسارج اللوزية الشكل وذات البدن الكروى وأخرى على شكل صندوق وقطع أخرى أسطوانية الشكل .. ونجد بين هذه المجموعة بعض القطع التي تحتاج إلى التقوية المبدئية قبل عملية التنظيف و التي تمت لكل المجموعة المختارة وهناك قطع أخرى تحتاج إلى إزالة الترميم القديم بالإضافة إلى القطع التي تحتاج إلى الاستكمال وفي أجزاء مختلفة منها .

وقد تم ترقيم القطع محل الدراسة بداية من رقم ١ حتي رقم ٢٤ بمعرفة الباحث نظراً لعدم وجود أرقام تسجيل لمعظم هذه القطع بالمتحف . وبعد ذلك تم تقسيم القطع محل الدراسة تبعاً لحاجتها للاستكمال إلي مجموعتين رئيسيتين هما:

- **المجموعة الأولى:** وتضم القطع أرقام (١-٣-٤-٦-١٢-١٣-٢٢-٢٣) وتحتاج هذه القطع فقط إلى عمليات تقوية مبدئية وتنظيف وإزالة الترميم القديم ولم يتم لها استكمال.

- **المجموعة الثانية (تحتاج الي استكمال):** وتضم هذه المجموعة قطعاً تحتاج الي استكمال أجزاء صغيرة منها مثل القطعتين (٩ ، ١١) هذا الي جانب القطع والتي تحمل أرقام (٢-٥-٧-٨-١٠-١٤-١٥-١٦-١٧-١٨-١٩-٢٠-٢١-٢٤) وهذه القطع تم تنظيفها وتقويتها واستكمال معظم أجزائها .

### وصف مسارج المجموعة الأولى :

تنوعت أشكال المسارج في هذه المجموعة فبعضها يتميز بالبدن الكروى مثل القطعة رقم (١) التي يوجد بها مشعل واحد ويلاحظ أن لون التزجيج يتفاوت من الأحمر إلى الأخضر . وهناك القطعة رقم (٤) التي تتميز بالبدن الكروى أيضاً ويلاحظ بها عيوب الصناعة واختلاف الدرجات اللونية للتزجيج بالإضافة إلى بعض الشروخ الصغيرة . أما





رقم (٦) والتي تتميز بالبدن الكروى أيضا ولون التزجيج فيها أخضر قاتم يميل إلى الزيتونى ويلاحظ فى هذه القطعة وجود ترميم قديم .

- القطعة رقم رقم (١٢) عبارة عن بقايا قطعة يدل هذا الجزء الباقى أنها كانت تتميز بالبدن الكروى ، ويتميز التزجيج بأحد درجات اللون التركوازى .

- أما القطعة رقم (١٣) فتميز بشكل الصندوق ويتميز تزجيجها باللون الزيتونى ويلاحظ أنها تعرضت لأعمال الترميم حيث يلاحظ استخدام سلك حول القطعة وهناك أيضا القطعة رقم (٢٢) التى تتميز بالشكل الكروى واللون الأخضر للتزجيج ويلاحظ بها زخرفة على جانبى البدن .

- بالإضافة إلى ذلك فإن القطعة رقم (٢٣) تتميز بالشكل اللوزى ولون التزجيج فيها أرجوانى ويلاحظ أيضا الشريط الزخرفى الذى يغطى النصف العلوى للقطعة .

- حالة مسارج المجموعة الأولى :

- قطعة رقم (١): يلاحظ فى هذه القطعة بعض عيوب الصناعة ويتجلى ذلك فى طبقة التزجيج التى تعانى من اختلاف اللون كما يظهر فى الصورة رقم (٧٨)، كما يلاحظ أيضاً وجود الحفر على سطح التزجيج وقد امتلئت هذه الحفر بالاتساخات كما يتضح فى الصورة رقم (٧٩) كما أن هذه القطعة تعرضت لفقدان جزء من المشعل وجزء آخر من الفوهة .

- قطعة رقم (٣): تعانى هذه القطعة من الضعف الذى انتشر فى قاعدتها وبقايا مشعلها ويلاحظ أيضا فقدان الجزء الأكبر من مشعلها كما يظهر فى الصورة رقم (٨٠) أما قاعدة هذه القطعة فقد تساقط معظم التزجيج من عليها كما يظهر فى الصورة (٨١) .

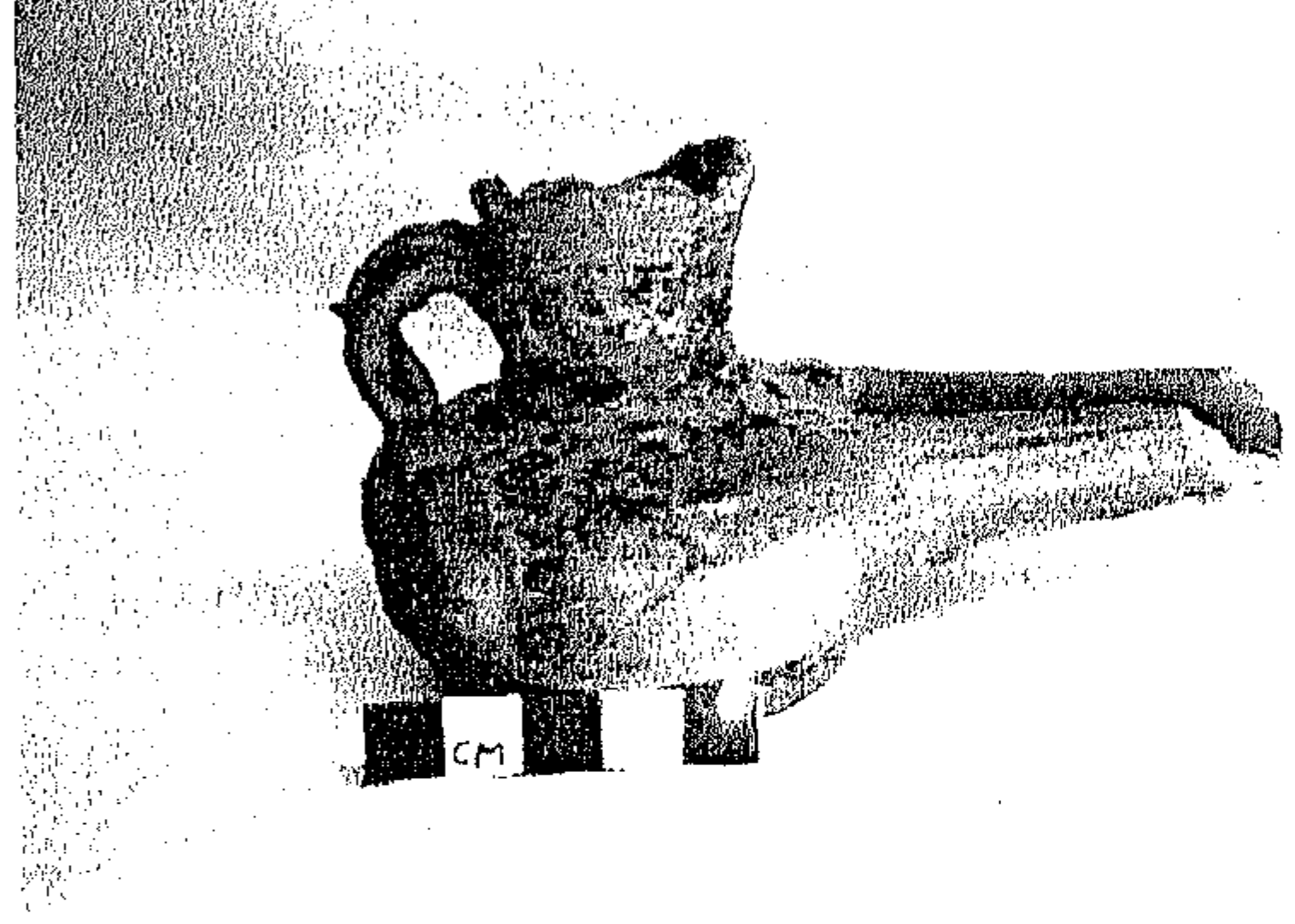
- قطعة رقم (٤): تجمعت العديد من العيوب الصناعة فى هذه القطعة فنلاحظ أن الفوهة تم الضغط عليها قبل الحرق كما يظهر فى الصورة رقم (٨٢) ويلاحظ احتواء طبقة التزجيج على الحفر التى نتجت عن عدم ضبط نسب المواد الخام ويلاحظ أيضا فقدان جزء من المشعل كما يظهر فى الصورة رقم (٨٣) .

- قطعة رقم (٦): لقد وجد فى هذه القطعة بعض أعمال ترميم قديمة استخدم فيها البيتومين فى استكمال جزء ناقص .





صورة رقم (٧٨) توضح احتواء سطح القطعة  
رقم (١) على حفر واختلاف ألوان طبقة التزجيج.



صورة رقم (٧٨) توضح القطعة رقم (١)  
وما بها من عيوب صناعة .



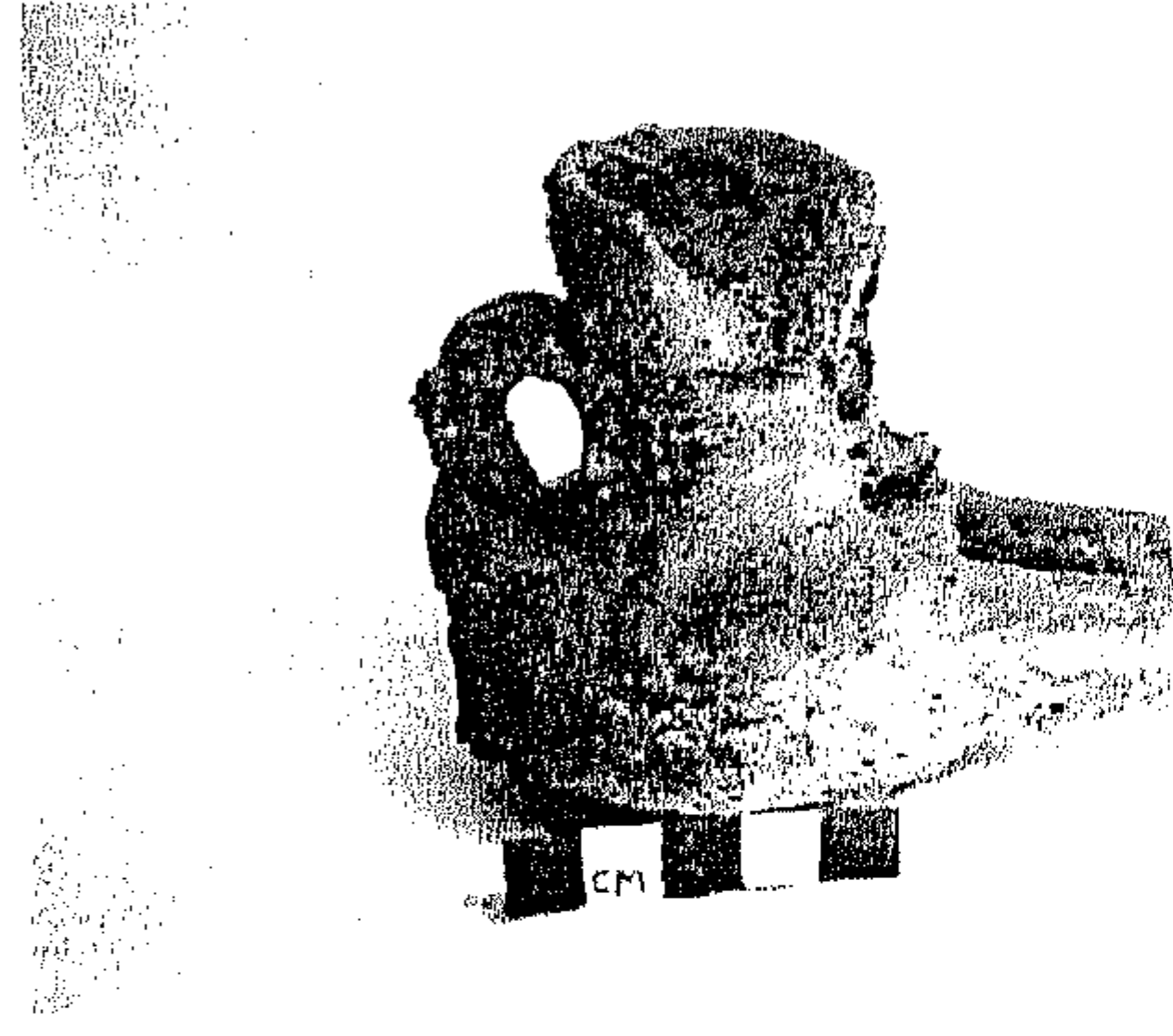
صورة رقم (٨١) توضح قاعدة القطعة رقم (٣)  
حيث تعرضت لتساقط اجزاء من طبقة التزجيج .



صورة رقم (٨٠) توضح القطعة رقم (٣) التي تعاني  
من فقد بعض الأجزاء من البدن وطبقة التزجيج.



صورة رقم (٨٣) توضح الفقاعات المنتشرة في  
القطعة رقم (٤) .



صورة رقم (٨٢) توضح القطعة رقم (٤) وما بها  
من عيوب ناتجة عن المراحل الأولية للصناعة .





وبعيداً عن الخطأ في استخدام مادة البيتومين ، فقد كانت المفاجئة عند إزالة الترميم وجد أن المشعل لا يوجد به اي فقد ، ولا يوجد لدي الباحث اي تفسير لوضع البيتومين بهذه الصورة ، بالإضافة إلى ذلك فإنه يلاحظ انتشار الاتساخات الناتجة عن الاستخدام وعن الإهمال في المتابعة كما توضح الصورة رقم (٨٤).

- قطعة رقم (١٢): تتميز هذه القطعة بتفقد الجزء الأكبر منها ولم يتبقى منها سوى القاعدة وجزء من البدن بالإضافة إلى جزء من المشعل ويتضح ذلك في الصورة رقم (٨٥) . ويظهر في الجزء الداخلي في القاعدة وجود الاتساخات وتساقط جزء من التزجيج ، كما أن بدن هذه القطعة يتميز بالضعف والهشاشة خاصة في الجزء الداخلي وقد فقد الربط بين البدن والتزجيج مما عرض التزجيج للتساقط .

- قطعة رقم (١٣): تتميز هذه القطعة بشكل الصندوق ويلاحظ انتشار الاتساخات على سطحها ويظهر ذلك في الصورة رقم (٨٦) . وقد تعرضت هذه القطعة لعملية تجميع وقد استخدم سلك معدني لتدعيم على هذا التجميع وذلك رغم أنه غير مفيد في عملية التجميع ، ويلاحظ فقدان المقبض والمشعلين ويتميز بدن هذه القطعة بأنه ذو حالة جيدة.

- قطعة رقم (٢٢): يلاحظ في هذه القطعة فقدان المقبض ومقدمة المشعل بالإضافة إلى فقدان الفوهة والرقبة كما يتضح في الصورة رقم (٨٧) كما تظهر شروخ في مقدمة الجزء الباقي من المشعل كما تعرضت بعض الأجزاء إلى التساقط ، ويلاحظ تراكم كمية من الأتربة والاتساخات داخل المسرجة.

- قطعة رقم (٢٣): تتميز هذه القطعة بالشكل اللوزي ، كما يظهر في الصورة رقم (٨٨). هذه القطعة يتراكم عليها كميات من الأتربة ويلاحظ أن منطقة المشعل يوجد عليها كميات كبيرة من الكربون الناتج عن عملية الاستخدام ، كما تساقطت بعض الأجزاء من طبقة التزجيج عند المقبض وحول كل من الفوهة والمشعل بالإضافة إلى تساقط أجزاء أخرى من السطح العلوي للمسرجة ، كما أن قاعدة هذه المسرجة تعاني من الضعف وتساقط طبقة التزجيج منها .



## مرحلة العلاج والصيانة للمجموعة الأولى

- قطعة رقم (١) : لقد تم تنظيف القطعة أولاً باستخدام فرشاة جافة وذلك لإزالة الأتربة الموجودة داخل الحفر في سطح التزجيج وكان الحذر مطلوباً حتى لا تتعرض حواف الحفر للتساقط ، لكن لم تقم الفرشاة بإزالة كل الاتساخات لذلك تم استخدام القطن المندى بالماء والملفوف على أعواد خشبية ذات أطراف مدببة ، واستخدمت هذه الطريقة في تنظيف الحفر وفي إزالة العوالق الموجودة على السطح .

ومما لاشك فيه أن المسرجة احتوت من الداخل على بقايا الزيوت وبقايا كربون ناتج من الاستخدام ، بالإضافة إلى الأتربة التي التصقت بالسطح الداخلي . وتم تنظيف المسارج من الداخل باستخدام الأعواد الخشبية الملفوف عليها قطن مندى بالماء أيضاً ، واستخدمت بعض الأدوات المساعدة لتنظيف كل الجزء الداخلي.

بعد ذلك تم تقوية الأجزاء الضعيفة من الفوهة والمشعل باستخدام محلول ٥% من البارالويد ب ٧٢ الذائب في خليط الزايلين والاستيون بنسبة ٣ : ١ . وتعد هذه القطعة سجلاً حافلاً لكثير من مظاهر التلف الناتجة عن عيوب الصناعة وتوضح الصورة رقم (٨٩) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات العلاج المختلفة .

- قطعة رقم (٣): تعاني من ضعف في البدن خاصة في بقايا المشعلين التي تعاني من التفتت والتشرخ وتساقط لطبقات من البدن الحاملة لطبقة التزجيج وفي الجزء العلوى تتراكم الأتربة بكثافة لذلك كان من الضروري عمل التقوية المبدئية باستخدام البارالويد ب ٧٢ الذائب في خليط الزايلين والاستيون وبعد ذلك تم التنظيف باستخدام القطن المندى بالماء.

و في هذه الحالة لم يتم البدء باستخدام الطرق الميكانيكية بمفردها في التنظيف وإنما تم تطرية الاتساخات أولاً ثم إزالتها بحرص شديد . توضح الصورة رقم (٩٠) شكل بقايا المشعلين بعد الانتهاء من التنظيف والتقوية . وقد تم تنظيف المسرجة من الداخل باستخدام القطن المندى بالماء، وتوضح الصورة رقم (٩١) شكل القطعة بعد الانتهاء من تنظيفها وتقويتها .







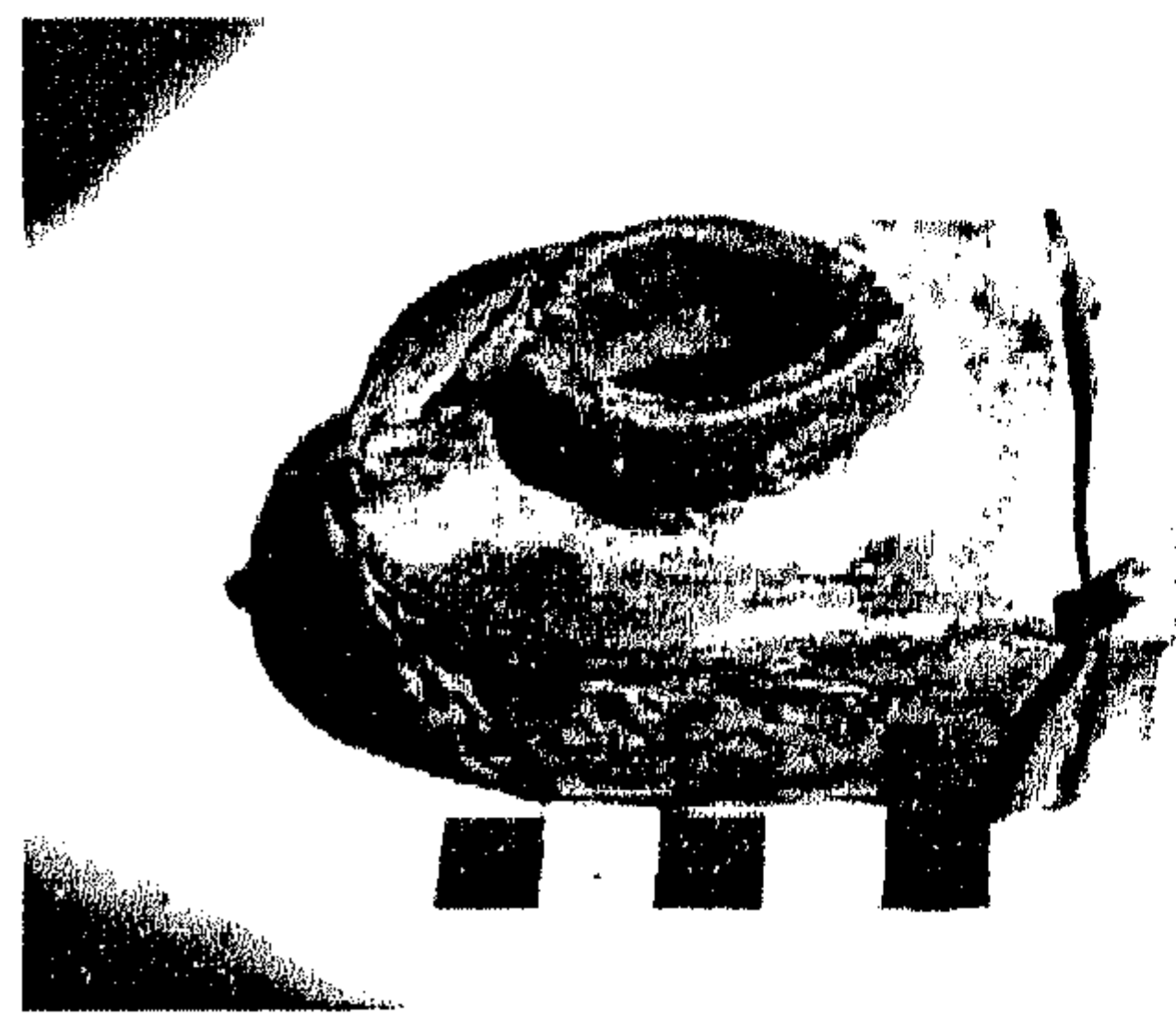
صورة رقم (٨٥) توضح حالة القطعة رقم (١٢).



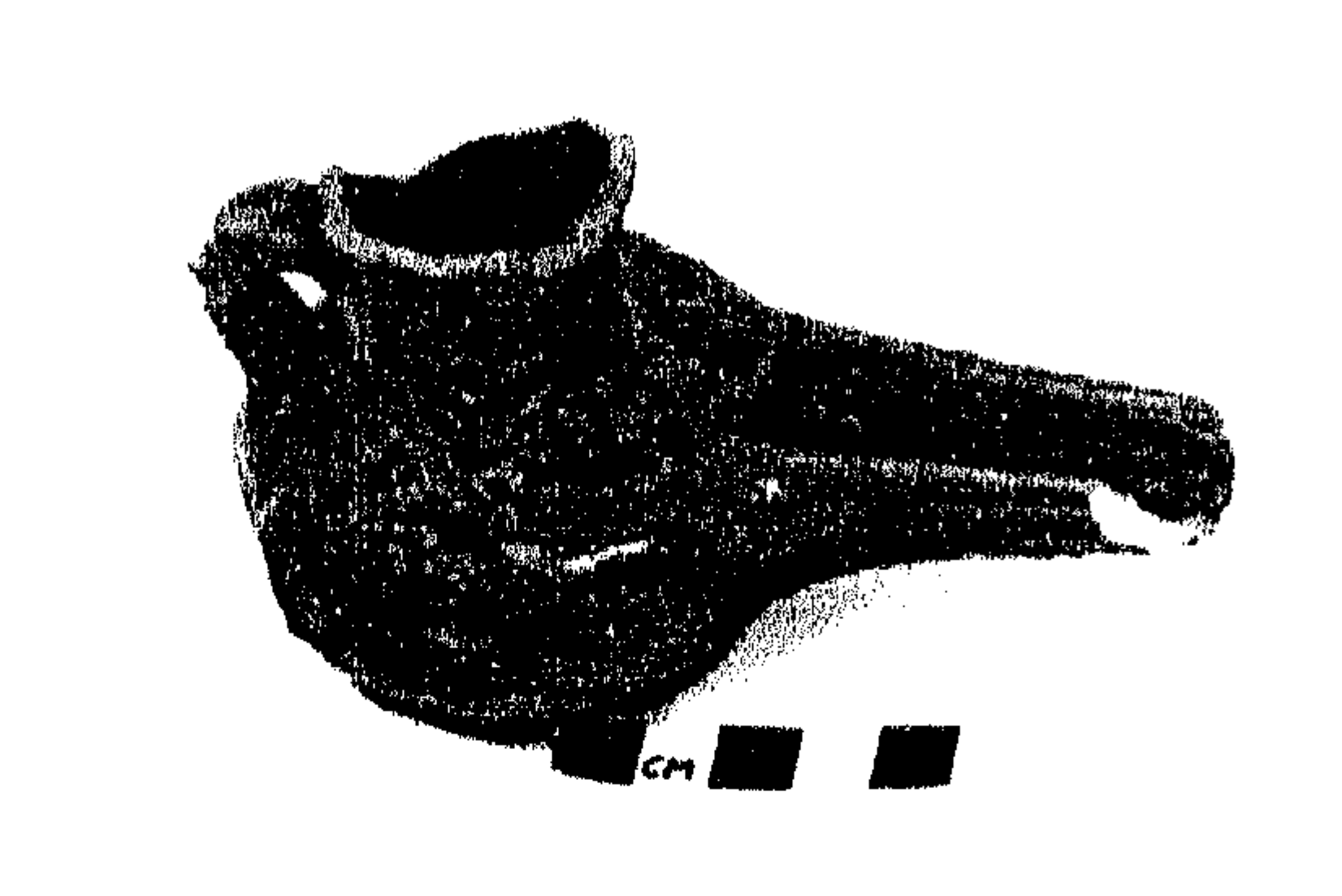
صورة رقم (٨٤) توضح الاستكمال الخاطيء للقطعة رقم (٦).



صورة رقم (٨٧) توضح فقد اجزاء من المشعل والفوهة والمقبض للقطعة رقم (٢٢).



صورة رقم (٨٦) توضح استخدام أسلاك معدنية في تجميع القطعة رقم (١٣).



صورة رقم (٨٩) توضح شكل القطعة رقم (١) بعد الانتهاء من عمليات الترميم.



صورة رقم (٨٨) توضح تساقط بعض الأجزاء من طبقة التزجيج من القطعة رقم (٢٣).



- قطعة رقم (٤): لقد تم تنظيف هذه القطعة بالفرشاة الجافة وتم استخدام القطن المندى بالماء أيضا بالإضافة إلى ذلك فقد تم تندية طبقة التزجيج مع استخدام المشروط وذلك بعمل احتكاك خفيف على السطح وكانت النتيجة ظهور طبقة التزجيج باللون الأحمر.

ولا يبدو أن هذه القطعة قد استخدمت ولكنها تعرضت لهذه الطبقة السوداء فوق التزجيج أثناء الحرق في الفرن نظرا لملاحظة قوة تماسك هذه الطبقة بالسطح، وقد تم إزالة جزء صغير من هذه الطبقة بالطريقة السابقة وترك الباقي حتى لا يتم التغيير في الشكل الأصلي للقطعة . وتوضح الصورة رقم (٩٢) شكل القطعة بعد تنظيفها من الأتربة ومن جزء من الطبقة السوداء .

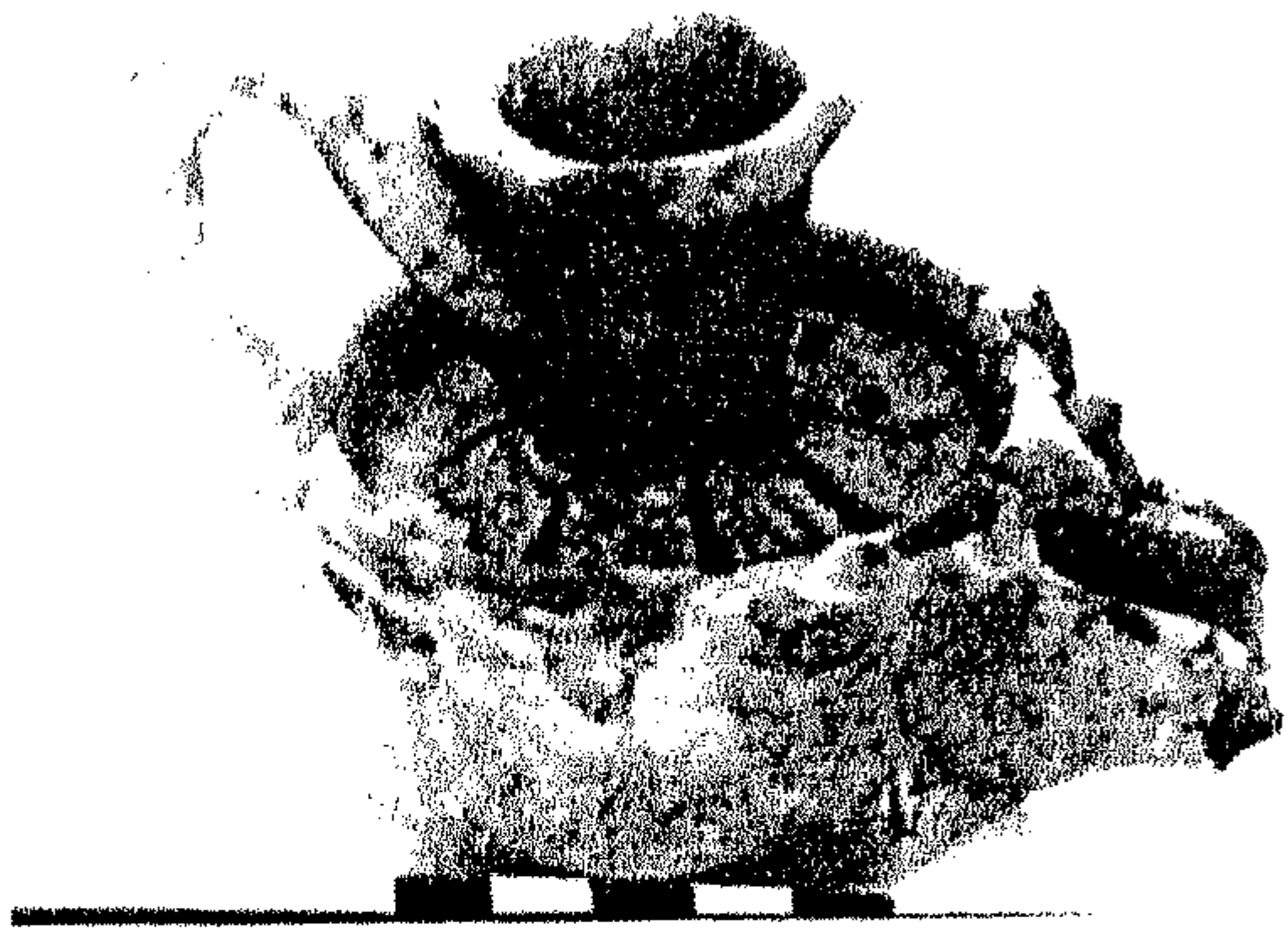
- قطعة رقم (٦): سبق الإشارة إلى عملية الاستكمال الخاطئة لهذه القطعة فنجد أن الصورة رقم (٩٣) تبين بداية ظهور النهاية الطبيعية للمشعل حيث يلاحظ أن الجزء العلوى هو الجزء الباقي من مادة الاستكمال البيتومين أما الجزء السفلى فيبين الجزء الأصلي بعد إزالة طبقة البيتومين من فوقه ، وقد تم إزالة طبقة الاستكمال كلها وظهر المشعل بحالة جيدة ولم يكن يحتاج إلى كل هذه الطبقة التي تركت بقايا سوداء حيث كانت هناك صعوبة في إزالتها واستخدم معها الكحول الميثلى الذى أعطى نتائج جيدة فى إزالة هذه البقايا ، وتوضح الصورة رقم (٩٤) شكل المشعل بعد إزالة طبقة الاستكمال .

وبعد ذلك تم تنظيف باقى أجزاء القطعة وذلك باستخدام محلول الكالجون واستخدام هذا المحلول فى المناطق الخالية من طبقة التزجيج والتي يصعب إزالة البقع منها. وتوضح الصورة رقم (٩٥) القطعة بعد الانتهاء من عمليات العلاج المختلفة ، ويلاحظ أن هناك جزء زائد فى المنطقة السفلية للمشعل يبدو أنه ناتج عن زيادة أثناء التشكيل .

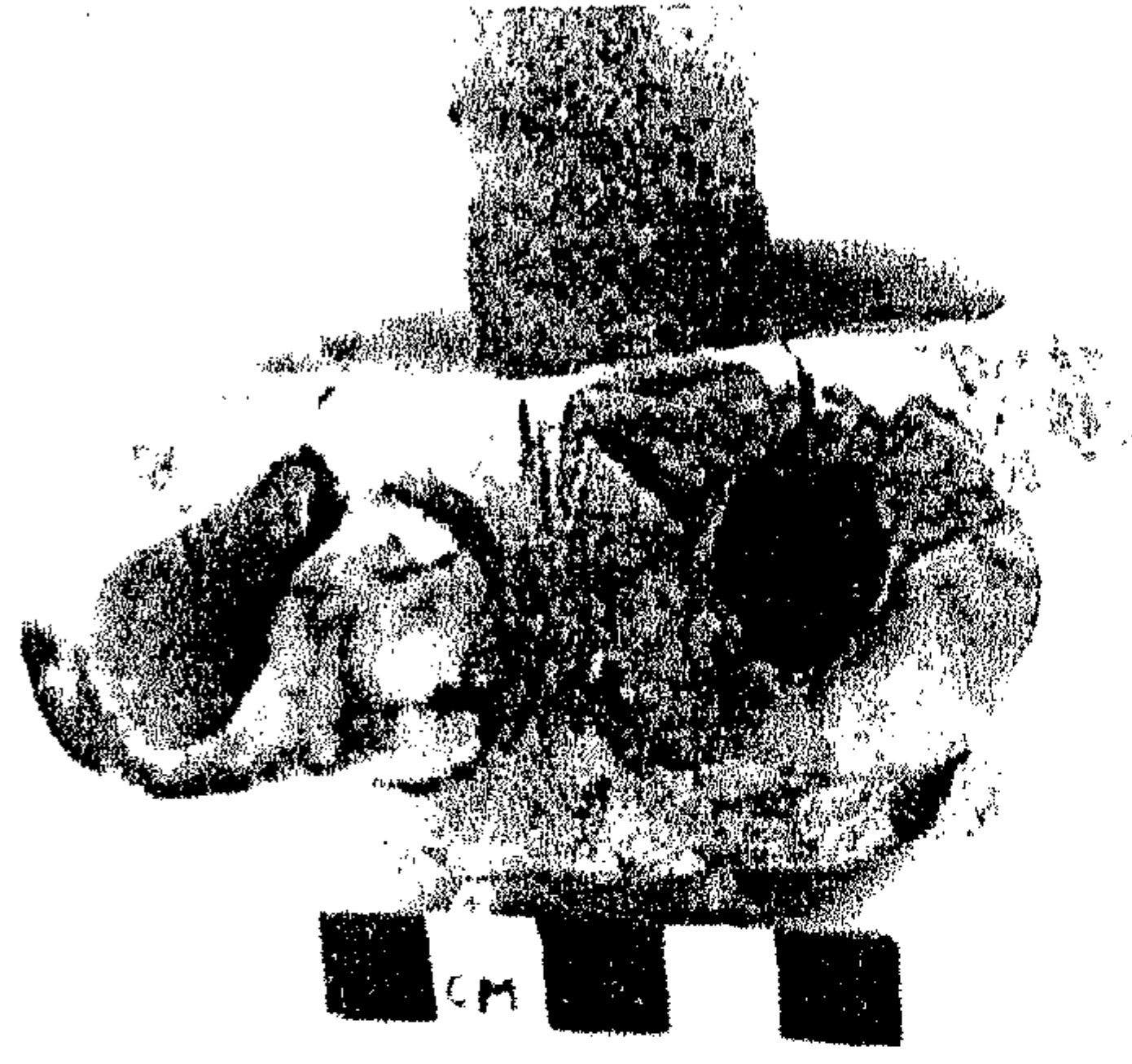
-قطعة رقم (١٢): قبل البدء فى عمليات التنظيف تم تقوية الجزء الداخلى المتهاالك وكذلك تم تثبيت طبقة التزجيج وذلك باستخدام محلول ٥% من البارالويد ب ٧٢ فى خليط من الزايلين والاستيون. أما بالنسبة للشروخ الكبيرة والتي توجد فى القاعدة فقد تم تقويتها باستخدام محلول بارالويد ب ٧٢ بتركيز ١٠% فى خليط الزايلين والأسيتون .







صورة رقم (٩١) توضح القطعة رقم (٣) بعد الإنتهاء  
من عمليات التنظيف والتقوية وتثبيت طبقة التزجيج.



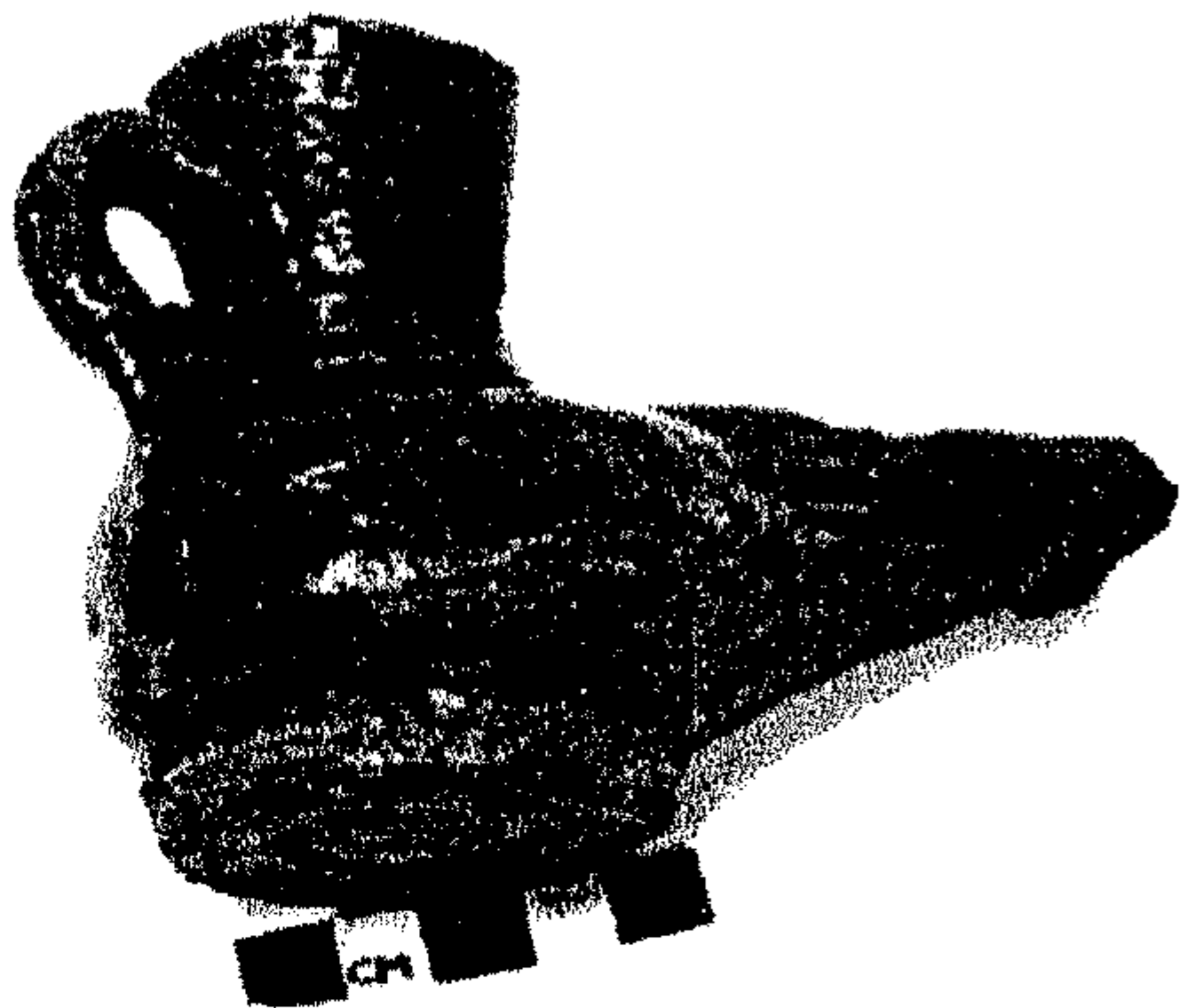
صورة رقم (٩٠) توضح المشعلين بعد الإنتهاء من  
التنظيف و التقوية النهائية للقطعة رقم (٣) .



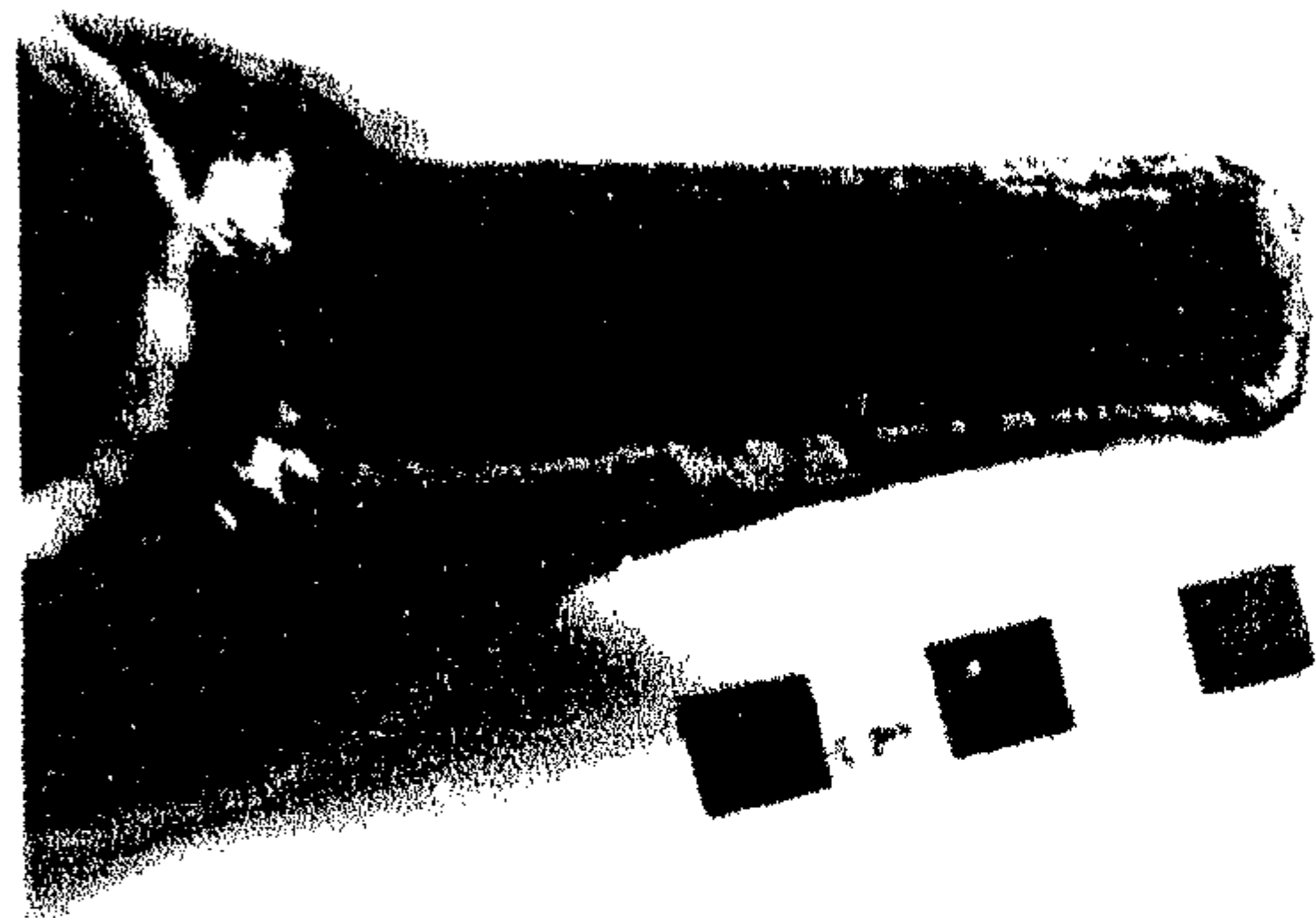
صورة رقم (٩٣) توضح خلفية مشعل القطعة  
رقم (٦) بعد إزالة جزء من طبقة الاستكمال .



صورة رقم (٩٢) توضح القطعة رقم (٤) بعد  
التنظيف وإزالة جزء من الطبقة السوداء .



صورة رقم (٩٥) توضح القطعة رقم (٦)  
الإنتهاء من عمليات الترميم .



صورة رقم (٩٤) توضح مشعل القطعة رقم (٦)  
بعد إزالة مادة الاستكمال .



وبعد عملية التقوية المبدئية تم تندية العوالق الموجود بالسطح الداخلى للمسرحة وبعد ذلك تم إزالتها ، وتوضح الصورة رقم (٩٦) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات التنظيف والتقوية النهائية بنفس المحلول المستخدم فى التقوية المبدئية .

ويجب الإشارة أنه لم يتم التفكير فى عملية الاستكمال للأجزاء المفقودة وذلك نظراً للفقد الكبير فى البدن و الذي يصعب معه الاستكمال حيث أنه قد نلجأ إلى التخمين وذلك لعدم وجود نقاط ارشادية كافية يمكن أن يستفاد منها عند الاستكمال ولذلك استبعدت فكرة الاستكمال .

- **قطعة رقم (١٣):** تم تنظيف هذه القطعة باستخدام القطن المندى بالماء وفى حالة بعض الاتساخات الصعبة تم استخدام الكحول المثلى والكالجون فى إزالة البقايا الموجودة فى داخل المسرحة وقد تم استخدام الطرق الميكانيكية أيضا بواسطة المشارط و نظراً لحالة القطعة الجيدة فقد تم إزالة السلك المعدنى الموجود من القطعة وتوضح الصورة رقم (٩٧) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات التنظيف .

- **قطعة رقم (٢٢):** تم تنظيف القطعة باستخدام القطن المندى بالماء أيضا لإزالة الاتساخات الموجودة داخل المسرحة بالإضافة إلى الأتربة المنتشرة على سطح القطعة ، ونظراً لوجود شرخ نافذ فى قاعدة المشعل فقد تم تثبيته باستخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ١٠ % .

ويلاحظ أن القطعة فقدت أجزاء مختلفة من الفوهة والرقبة بالإضافة إلى فقدان جزء من المقبض وأيضاً فقد مقدمة المشعل ، ولم يتم استكمال هذه القطعة حتى لا نلجأ إلى التخمين كما أنه لا توجد قطعة مشابهة لها ، وتوضح الصورة رقم (٩٨) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .

- **قطعة رقم (٢٣):** يلاحظ فى هذه القطعة تساقط بعض الأجزاء من طبقة التزجيج، وقد تم تقوية الأجزاء الضعيفة أولاً قبل البدء فى التنظيف باستخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٥ % ، وبعد ذلك تم التنظيف باستخدام القطن المندى بالماء لإزالة الأتربة والقطن المندى بالكحول المثلى فى إزالة البقع الموجودة على المقبض ،





وبعد ذلك تم تقوية طبقات التزجيج الضعيفة باستخدام البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% ، وتوضح الصورة رقم (٩٩) القطعة بعد الانتهاء من التنظيف والتقوية .

وقبل البدء فى المجموعة الثانية فإن هناك قطعتين فقد بهما أجزاء عديدة ولم تستكمل كلية ، بل تم استكمال أجزاء صغيرة يوجد بها دلائل على استكمال وهما القطعتين أرقام (٩) و(١١) .

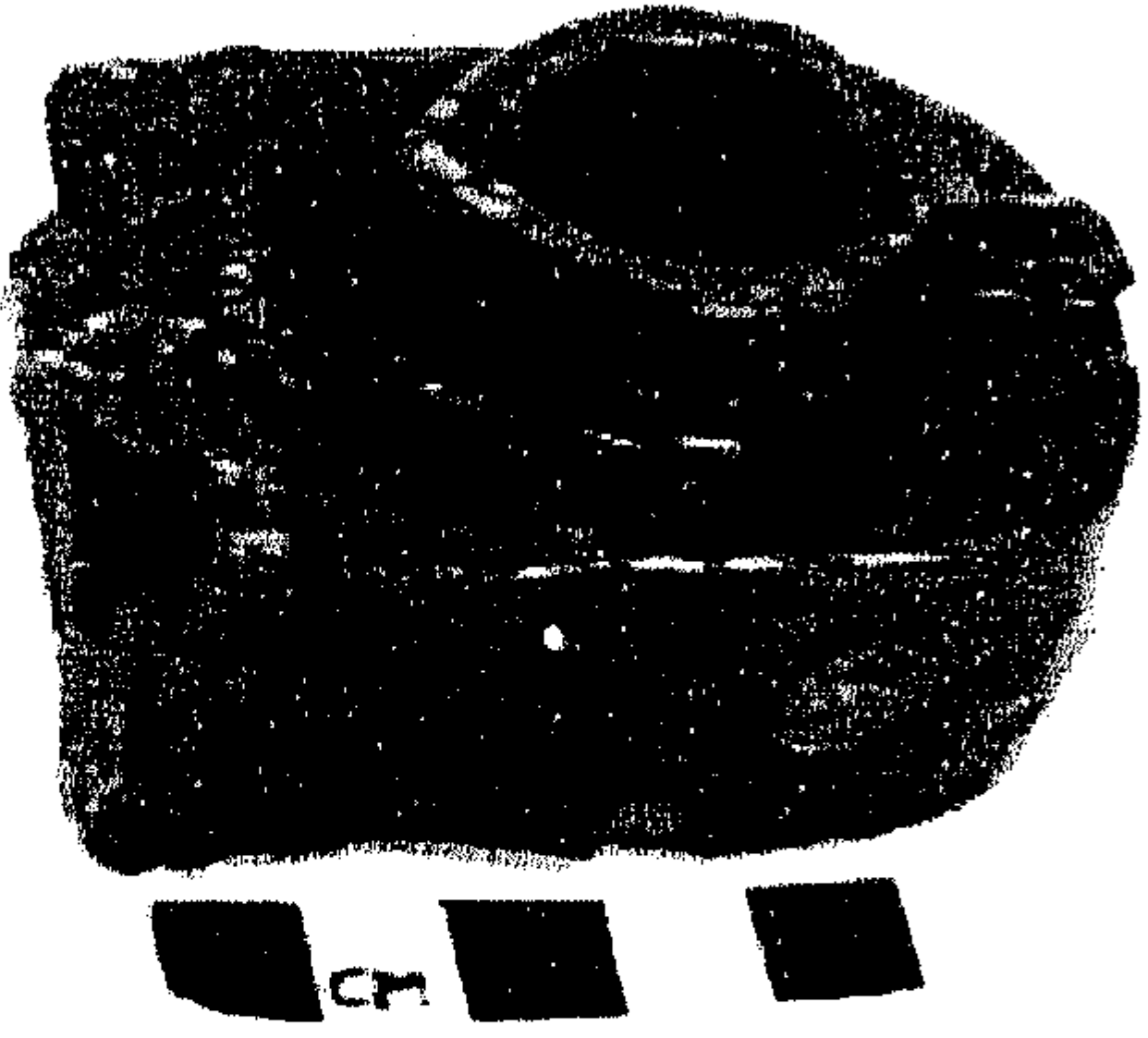
وتوصف القطعة رقم (٩) بأنها دائرية ذات لون أخضر وقد زخرفت القطعة على جانبي المشعلين بخطوط زخرفية على السطح العلوى للمسرجة، ويلاحظ أن هذه القطعة فقد منها جزء من الفوهة و معظم أجزاء المشعلين بالإضافة إلى الاتساخات ، وذلك كما يتضح في الصورة رقم (١٠٠). وقد تم استخدام الماء والكحول لتنظيف السطح الخارجى والجزء الداخلى للمسرجة .

وبالنسبة للاستكمال فإن القطعة فقد منها جزء من الفوهة و معظم أجزاء المشعل، ونظرا لعدم وجود دليل لاستكمال المشعلين كما أن هذه القطعة لم يوجد نموذج مثلها يمكن الرجوع إليه فى الاستكمال، لذلك فقد تم استكمال الفوهة فقط ، وتم الاستكمال باستخدام خليط من مسحوق الفخار الحديث مع البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% وقد استخدمت شرائح الشمع كقوالب عند الاستكمال وتوضح الصورة رقم (١٠١) القطعة بعد الانتهاء من التنظيف واستكمال الفوهة بمخلوط مسحوق الفخار.

ونظرا لاختلاف لون مسحوق الفخار عن اللون الأصلى للقطعة فقد تم إعادة تلوين الجزء المستكمل باستخدام ألوان الاكريليك . وقبل البدء فى عملية التلوين فإنه تم عمل بalthه من مسحوق الفخار وتم تقسيم (البalthه) إلى مربعات وتم استخدام الألوان الاكريليك للحصول على درجات لونية مختلفة ومتدرجة ، وقد تم الرجوع إلى هذه (البalthه) عند تلوين كل الأجزاء المستكملة وتوضح الصورة رقم (١٠٢) شكل (البalthه) المستخدمة فى التلوين ، وتوضح الصورة رقم (١٠٣) القطعة بعد الانتهاء من عملية الاستكمال .

- قطعة رقم (١١): تتميز هذه القطعة بأنها ذات شكل فريد من نوعه حيث أن بدنها الكروى عبارة عن شريط زخرفى مفرغ، ويعطى هذا الشريط القطعة شكلا جماليا لم يتكرر فى أدوات الإضاءة الخزفية محل الدراسة وتتميز هذه القطعة باللون التركوازى.

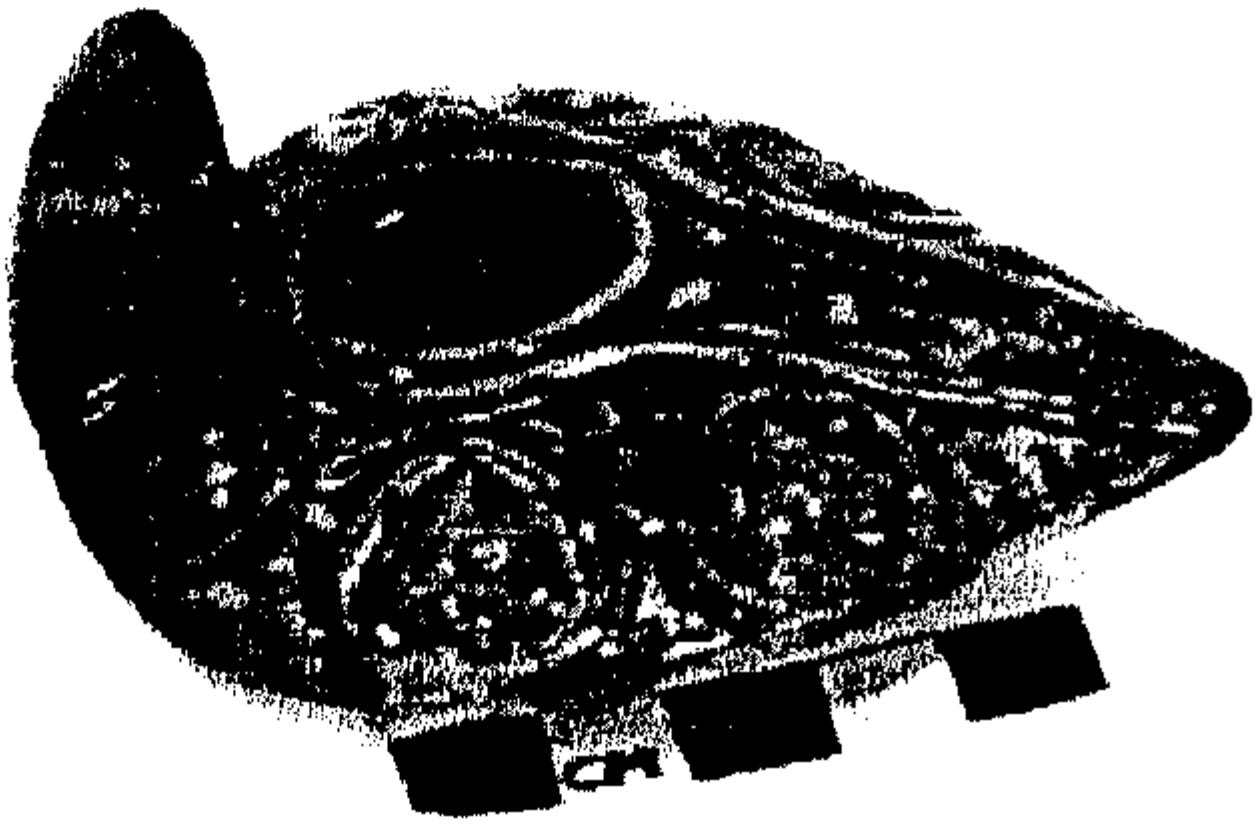




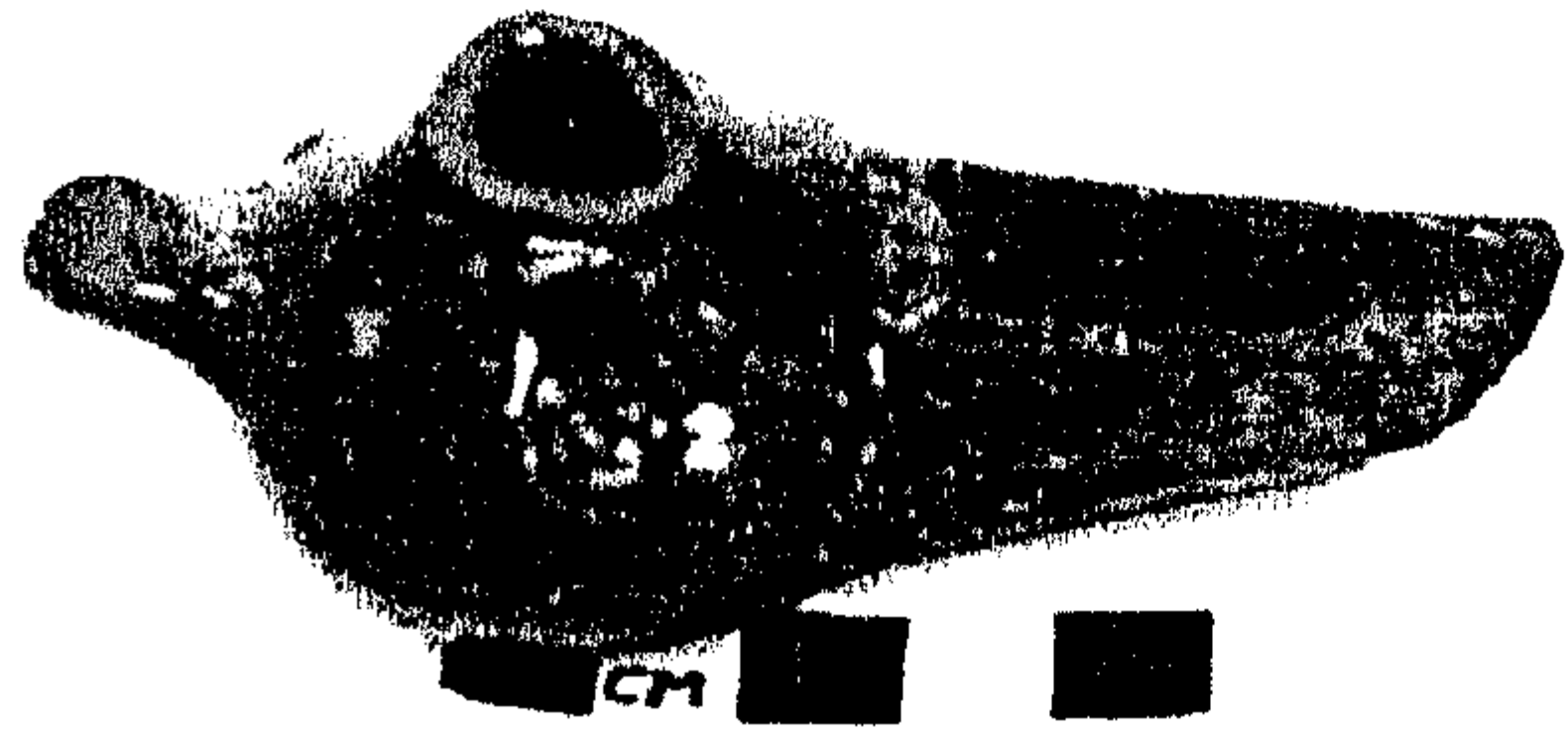
صورة رقم (٩٧) توضح القطعة رقم (١٣)  
بعد الإنتهاء من التنظيف .



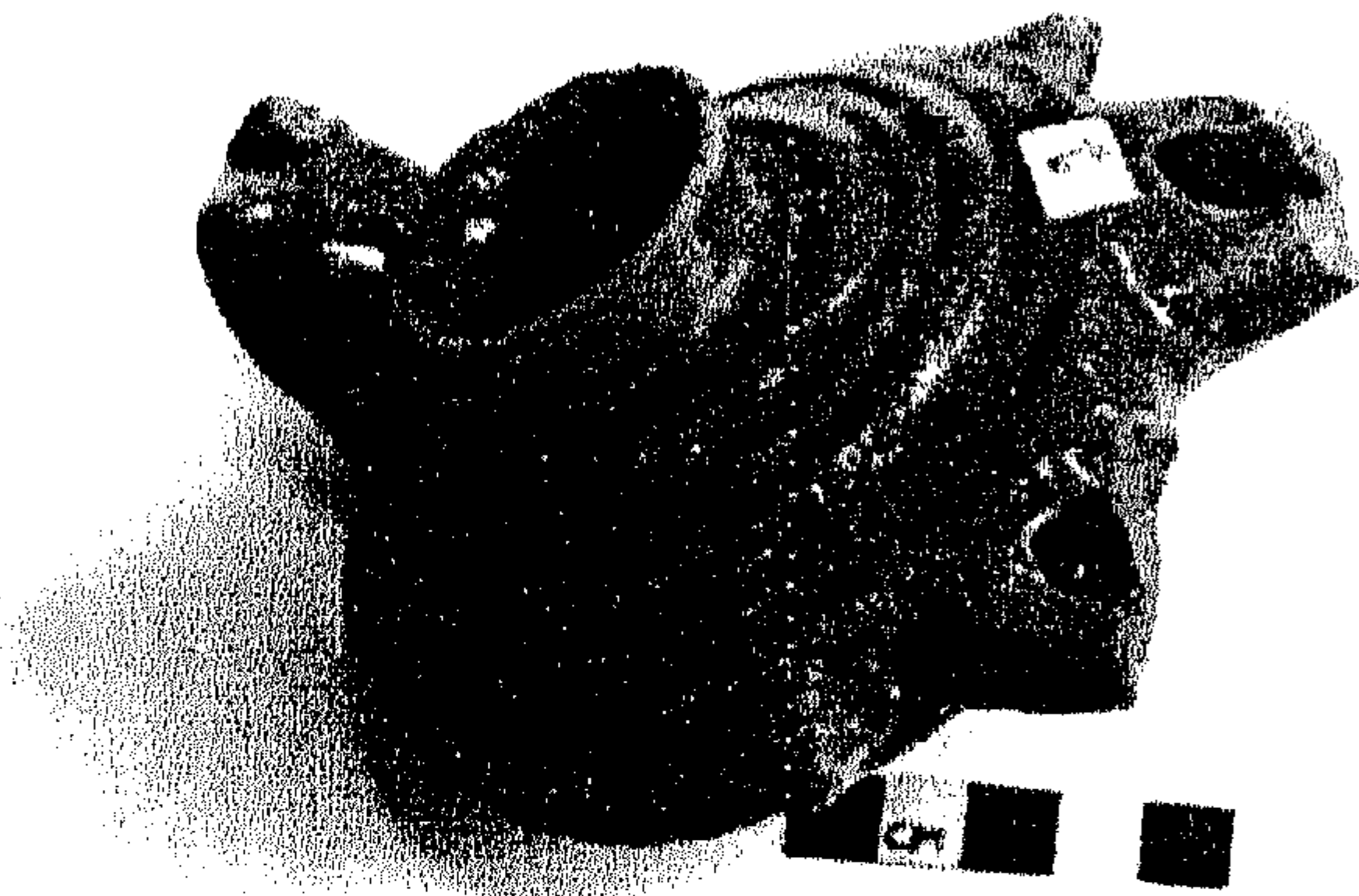
صورة رقم (٩٦) توضح القطعة رقم (١٢)  
بعد الانتهاء من التقوية والتنظيف .



صورة رقم (٩٩) توضح الشكل النهائي للقطعة  
(٩٧) بعد الانتهاء من عمليات الترميم .



صورة رقم (٩٨) توضح القطعة رقم (٢٢)  
بعد الانتهاء من التنظيف



صورة رقم (١٠١) توضح القطعة رقم (٩)  
بعد الإنتهاء من التنظيف والاستكمال .



صورة رقم (١٠٠) توضح القطعة رقم (٩) وما  
عليها من اتساخات وفقد لبعض اجزائها .



ويلاحظ أن هذه القطعة تراكت عليها كميات كبيرة من الأتربة فى المنطقة الفاصلة بين البدن الداخلى والشريط المفرغ وداخل القطعة أيضا، بالإضافة إلى الكربون الذى ترسب وتغلغل داخل نسيج المشعل . بالإضافة إلى فقد بعض الأجزاء بالقاعدة وجزء من الشريط الزخرفى وأجزاء أخرى مفقودة من الفوهة ومقدمة المشعل وكذلك فقد المقبض ، وذلك كما يتضح من الصورة رقم (١٠٤) .

وبالنسبة لعلاج هذه القطعة فكانت البداية بتثبيت الأجزاء الضعيفة فى المشعل وذلك باستخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% وتلا ذلك التنظيف بالفرشاه ثم القطن المندى بالماء و كذلك استخدم محلول الكالجون ٣% فى تنظيف المشعل مما يحتوى عليه من كربون والذي أدى إلى تحول المشعل إلى اللون الأسود.

أما الاستكمال فكان من الصعب استكمال الفوهة والمقبض والمشعل نظرا لعدم وجود نماذج مشابهة لهذه القطعة .

وكان هناك أهمية تفرضها الناحية الجمالية لاستكمال الشريط الزخرفى وعند دراسة هذا الشريط وجد أنه عبارة عن شريط ممتد من أحد الجانبين إلى الجانب الآخر وكان من الصعب البدء فى الاستكمال قبل عمل نموذج مبدئي للاستكمال . واستقر الاختيار على مادة البلاستوسين ، وتم الاستكمال بها ووجد أن الامتداد صحيح ، ونظرا لاحتواء البلاستوسين على مواد زيتية ثم عزل مناطق الاتصال بين البلاستوسين والبدن بواسطة البولى إيثيلين الرقيق، وتوضح الصورة رقم (١٠٥) القطعة بعد استكمالها باستخدام البلاستوسين أيضا.

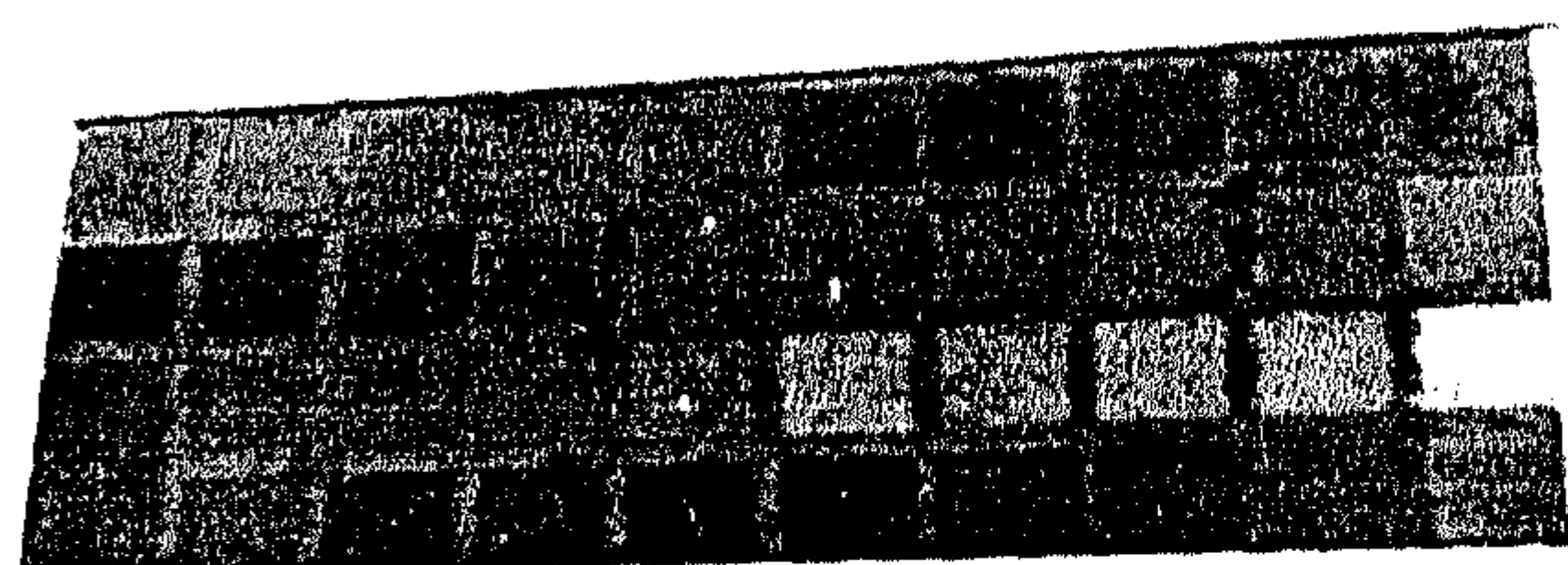
بعد ذلك تم إزالة البلاستوسين وتحضير مادة لاستكمال التى تتكون من خليط مسحوق الفخار والبارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% وتوضح الصورة (١٠٦) شكل القطعة بعد استكمال الشريط الزخرفى ، وبعد ذلك تم إعادة تلوين الجزء المستكمل باستخدام ألوان الاكريليك وذلك بالرجوع إلى (البالته) التى تم سبق الإشارة إليها وتوضح الصورة (١٠٧) الشكل النهائى للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .



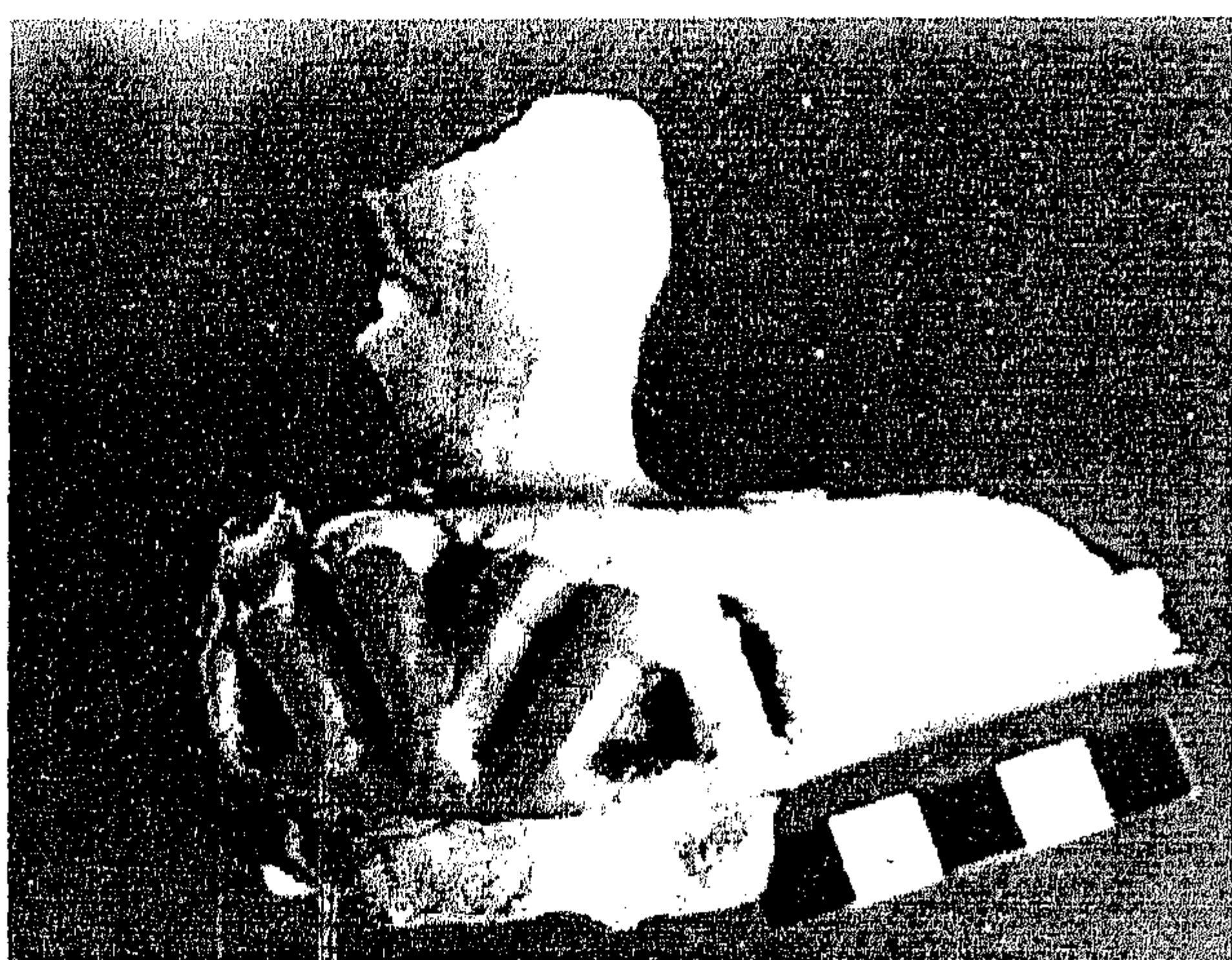




صورة رقم (١٠٣) توضح القطعة رقم (٩) بعد الانتهاء من الاستكمال وإعادة التلوين .



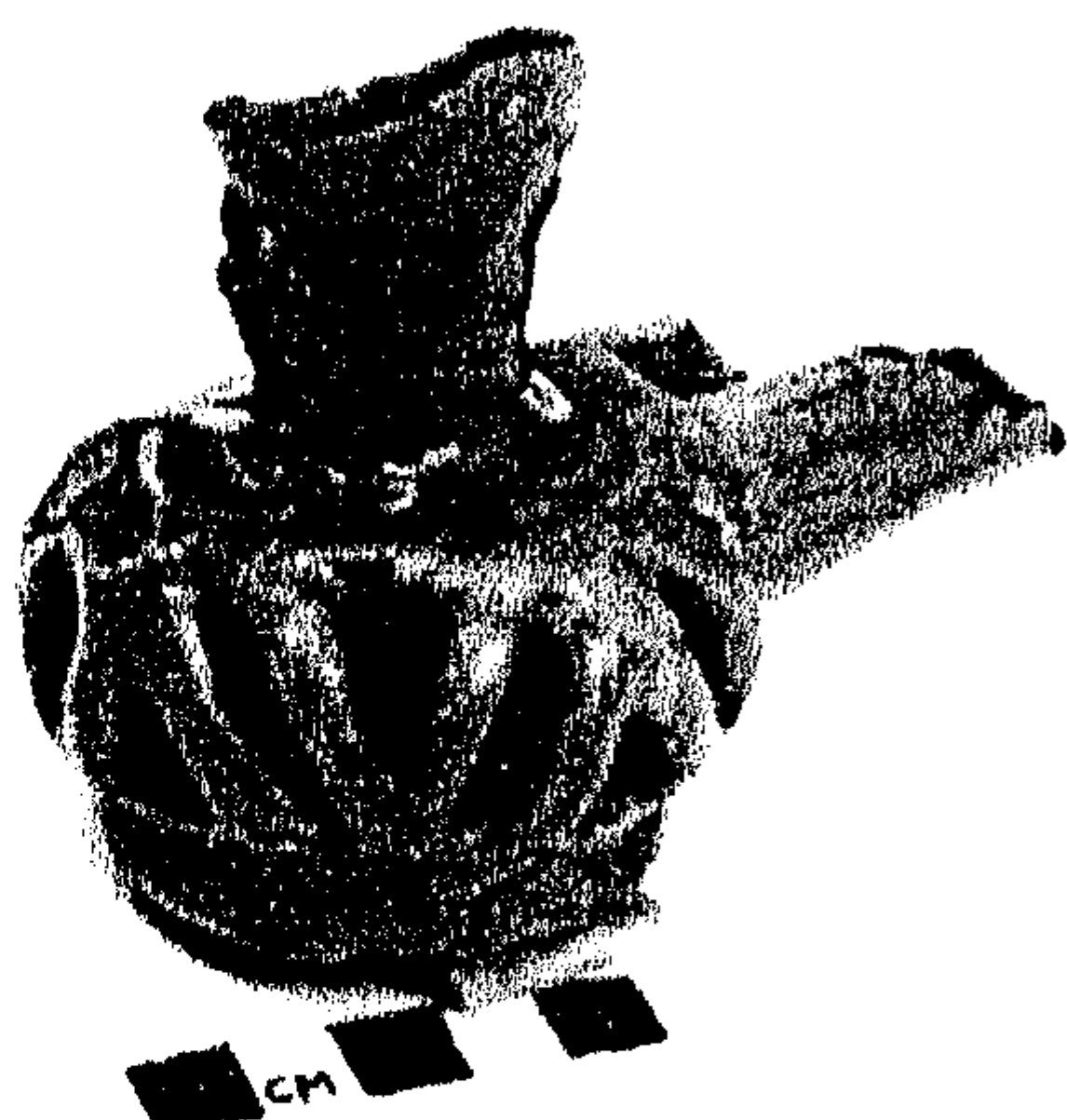
صورة رقم (١٠٢) توضح البالته المستخدمة عند إعادة تلوين الأجزاء المستكملة .



صورة رقم (١٠٥) توضح القطعة رقم (١١) بعد استكمالها باستخدام البلاستو سين .



صورة رقم (١٠٤) توضح القطعة رقم (١١) وفقد للجزء الخارجي من الشريط الزخرفي .



صورة رقم (١٠٧) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١١) بعد الانتهاء من عمليات الترميم .



صورة رقم (١٠٦) توضح القطعة رقم (١١) بعد استكمال الشريط الزخرفي .





## وصف مسارح المجموعة الثانية

- قطعة رقم (٢) : تتميز هذه القطعة بالشكل الكروى للبدن مع وجود مشعل واحد ومقبض دائرى ويلاحظ أن تزجيج القطعة يتميز باللون الأخضر، ويلاحظ عدم تغطية طبقة التزجيج لقاعدة المسرجة .

- قطعة رقم (٥) : طراز فريد من نوعه لم يتكرر حيث يوجد بهذه المسرجة خمس مشاعل وثلاث مقابض ، وتتميز هذه القطعة باللون التركوازى ، ويلاحظ الدقة فى صناعة هذه القطعة و الذى يتجلى فى المقابض والمشاعل مع تجانس التزجيج على السطح .

- قطعة رقم (٧) : تتميز هذه القطعة بالشكل الكروى واللون الأخضر القاتم بالإضافة إلى وجود مشعل واحد و مقبض دائرى ولم يغطى التزجيج قاعدة المسرجة.

- قطعة رقم (٨) : تتميز بالشكل الكروى وتزجيجها باللون الأخضر مع وجود مشعل واحد بالإضافة إلى أن رقبة هذه المسرجة تتميز بأنها طويلة .

- قطعة رقم (١٠) : تتميز هذه القطعة بشكل الطبق ويلاحظ بها اختلاف لون التزجيج من الأخضر إلى الشفاف .

- قطعة رقم (١٤) : تتميز هذه القطعة بالشكل الأسطوانى واللون الأخضر.

- قطعة رقم (١٥) : تتميز هذه القطعة باللون التركوازى وشكل القطعة كروى وهي ذات مشعل واحد .

- قطعة رقم (١٦) : تتميز هذه القطعة أيضا بالشكل الأسطوانى وتزجيجها ذولون بنى.

- قطعة رقم (١٧) : تتميز القطعة بشكل الصندوق ويتغير لونها بين الأصفر والبنى ويلاحظ وجود مشعلين أحدهما مفقود ، بالإضافة إلى ذلك هناك زخرفة وجدت على السطح العلوى ، ويلاحظ أن الطريقة التى استخدمت فى تشكيل هذا النوع من المسارج هى الصب فى القالب .

- قطعة رقم (١٨) : تتميز هذه القطعة أيضا بشكل الصندوق وتتميز باللون الأخضر ويلاحظ وجود وحدة زخرفية على السطح العلوى .



- قطعة رقم (١٩): تميل هذه القطعة إلى اللون الأصفر وهى على شكل صندوق وتتميز بوجود زخارف نباتية رائعة على السطح.

- قطعة رقم (٢٠): تتميز هذه القطعة بالشكل اللوزي الذى يتميز بانتشار الزخارف النباتية على السطح وتتميز باللون الأخضر القاتم .

- قطعة رقم (٢١): هذه القطعة على شكل صندوق ويتميز تزجيجها باللون الأخضر ويوجد لها مشعلين فقد مقدمة أحدهما ويلاحظ أن سطح هذه المسرجة سادة وخال من الزخارف .

- قطعة رقم (٢٤): تتميز هذه القطعة بالشكل اللوزي واللون الأخضر للترجيج ويلاحظ وجود الزخارف النباتية المنتشرة على سطح المسرجة .

### حالة مسارح المجموعة الثانية ومراحل الترميم المختلفة

- قطعة رقم (٢): تعانى هذه القطعة من بقايا ترميم قديمة فى منطقة المشعل وقد التصقت بعض من مادة الاستكمال على أجزاء مختلفة من المسرجة سواء داخل المسرجة أو خارجها ، أما القاعدة فقد وجدت عليها بقع كربونية صعبة الإزالة وتوضح الصورة رقم (١٠٨) الحالة التى وجدت عليها القطعة .

وقد تم إزالة بقايا الترميم القديم بطرق ميكانيكية والبعض الآخر تم تطريتها بواسطة الكحول المثلجى و تم إزالتها ، أما القاعدة فقد تم إزالة البقع الموجودة عليها بواسطة محلول الكالجون ٣% الذى أعطى نتائج جيدة .

وبالنسبة للاستكمال فقد تم البدء فى محاولة استكمال المشعل لهذه القطعة حيث تم عمل الاستكمال أيضا بمادة البلاستوسين أولا. وتوضح الصورة رقم (١٠٩) القطعة بعد الانتهاء من التنظيف وعمل الاستكمال المبدئى باستخدام البلاستوسين وروعى عزل سطح المشعل بالبولى إيثيلين الرقيق، بعد ذلك تم الاستكمال باستخدام خليط مسحوق الفخار و محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠%، ويظهر ذلك فى الصورة رقم (١١٠) أما الصورة رقم (١١٣) فتوضح شكل القطعة بالانتهاء من أعمال الترميم المختلفة وإعادة التلوين ووضع طبقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لمضاهاة لمعان طبقة التزجيج ،



- قطعة رقم (٥): تعاني هذه القطعة من عدة مظاهر للتلف ترتبط جميعا بأعمال الترميم ، حيث يلاحظ استخدام الجبس فى القديم الاستكمال وقد تحول هذا الجبس إلى مادة هشه ومتهالكة بالإضافة إلى استخدام الأسلاك المعدنية فى تدعيم الاستكمال وتوضع الصورة رقم (١١٢) الحالة التى توجد عليها القطعة ، هذا بالإضافة إلى الاتساخات التى تنتشر على مناطق كثيرة من التزجيج بالإضافة إلى بقايا الاستكمال الموجودة بالأجزاء الباقية من المشاعل . وبالنسبة للتنظيف فقد بدء بالطرق الميكانيكية فى إزالة بقايا الترميم القديم وتم فك الأسلاك المعدنية . واستخدم القطن والماء فى إزالة الاتساخات غير شديدة الالتصاق بالسطح ، أما الاتساخات شديدة الالتصاق خاصة فى المناطق التى لا يوجد عليها تزجيج فقد استخدم محلول الكالجون ٣% ، وتوضح الصورة رقم (١١٣) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات التنظيف وإزالة الترميم القديم .

أما بالنسبة للاستكمال فإنه لم يكن هناك مشكلة بالنسبة للمقبض حيث يوجد مقبضين آخرين استدل بهما فى الاستكمال، أما المشاعل فقد تم الاستفادة من أقل المشاعل فقدا وتم استكمالها ، وبناءا عليه تم استكمال باقى المشاعل الناقصة ، وتوضح الصور ارقام (١١٤) و(١١٥) شكل القطعة بعد الانتهاء من استكمالها باستخدام خليط مسحوق الفخار والبارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% ، وقد استخدمت شرائح الشمع الطبى فى عمل القوالب لاستكمال المشاعل .

و بعد الانتهاء من الاستكمال تم إعادة تلوين الأجزاء المستكملة بالرجوع إلى (البالته) الموجودة فى صورة رقم (١٠٢) وتم مضاهاة طبقة التزجيج باستخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% ، وتوضح الصور (١١٦) و(١١٧) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .

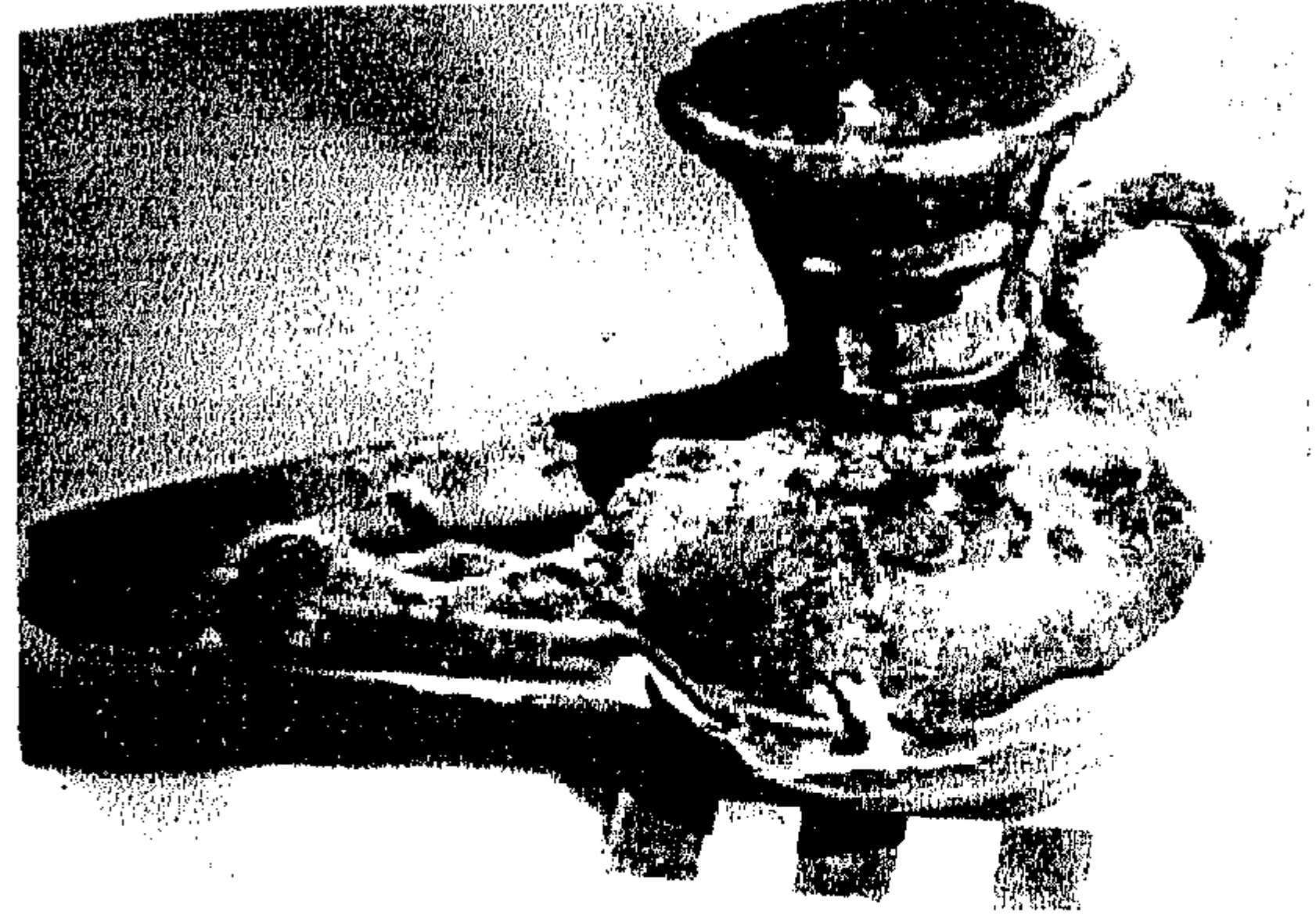
-قطعة رقم (٧): رغم حالة هذه القطعة الجيدة إلا أنها تفقد جزء من الفوهة وجزء آخر من المشعل بالإضافة إلى وجود تكلسات من الاتساخات توجد على القاعدة والجزء السفلى من البدن الذى لا يغطيه التزجيج هذا بالإضافة إلى وجود كميات كبيرة من الاتساخات داخل المسرحجة ، وتوضح الصورة رقم (١١٨) شكل الأجزاء المفقودة بالقطعة، فيما يتعلق بالتنظيف فقد استخدم الماء مع القطن







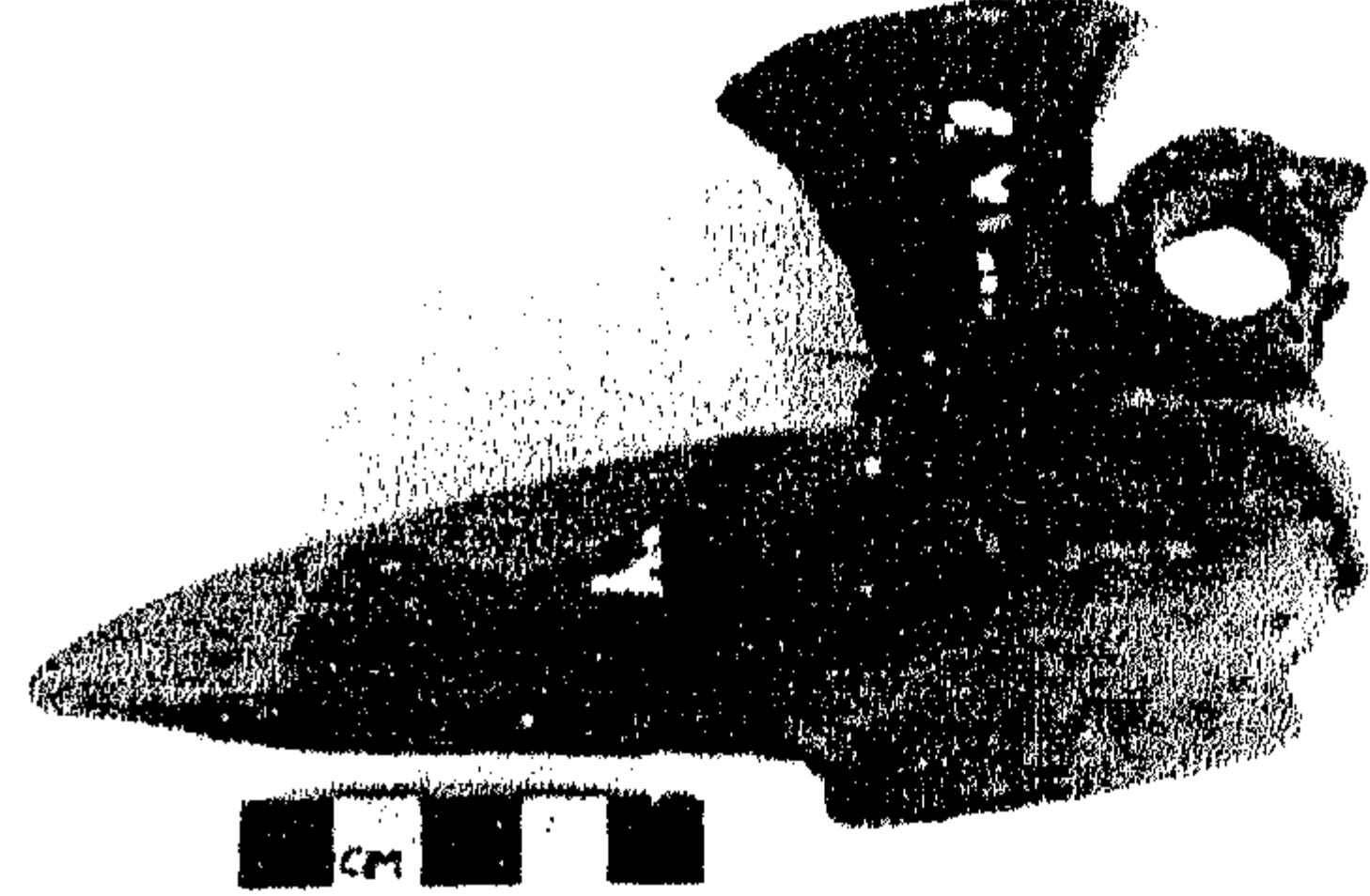
صورة رقم (١٠٩) توضح القطعة رقم (٢) بعد التنظيف  
وإستخدام البلاستوسين في الإستكمال المبدئي .



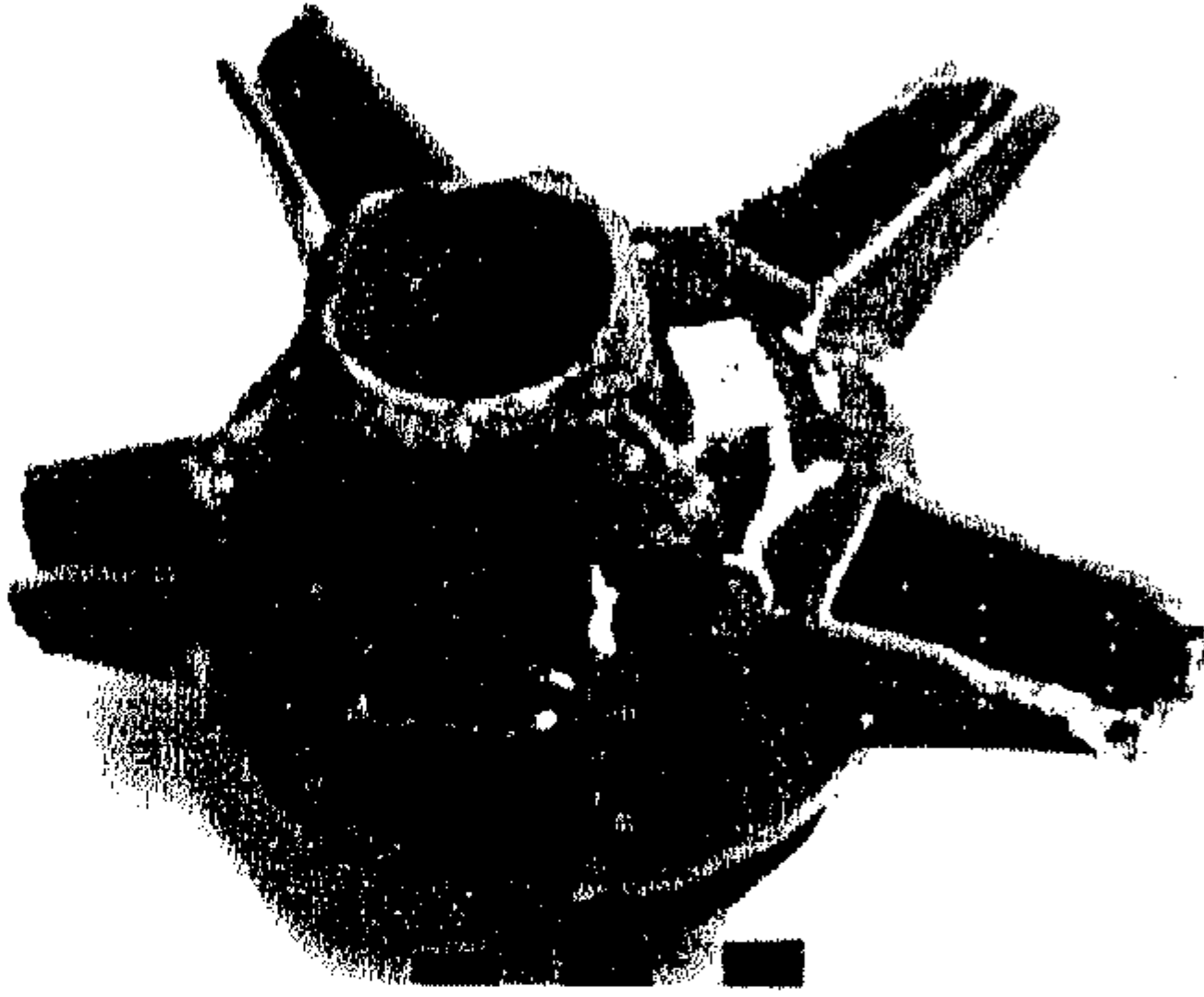
صورة رقم (١٠٨) توضح القطعة رقم (٢)  
ويلاحظ بها ترميم قديم .



صورة رقم (١١١) توضح القطعة رقم (٢) بعد  
الانتهاء من عمليات الإستكمال و إعادة التلوين .



صورة رقم (١١٠) توضح الإستكمال بخليط مسحوق  
الفخار + البارالويد ب ٧٢ للقطعة رقم (٢) .



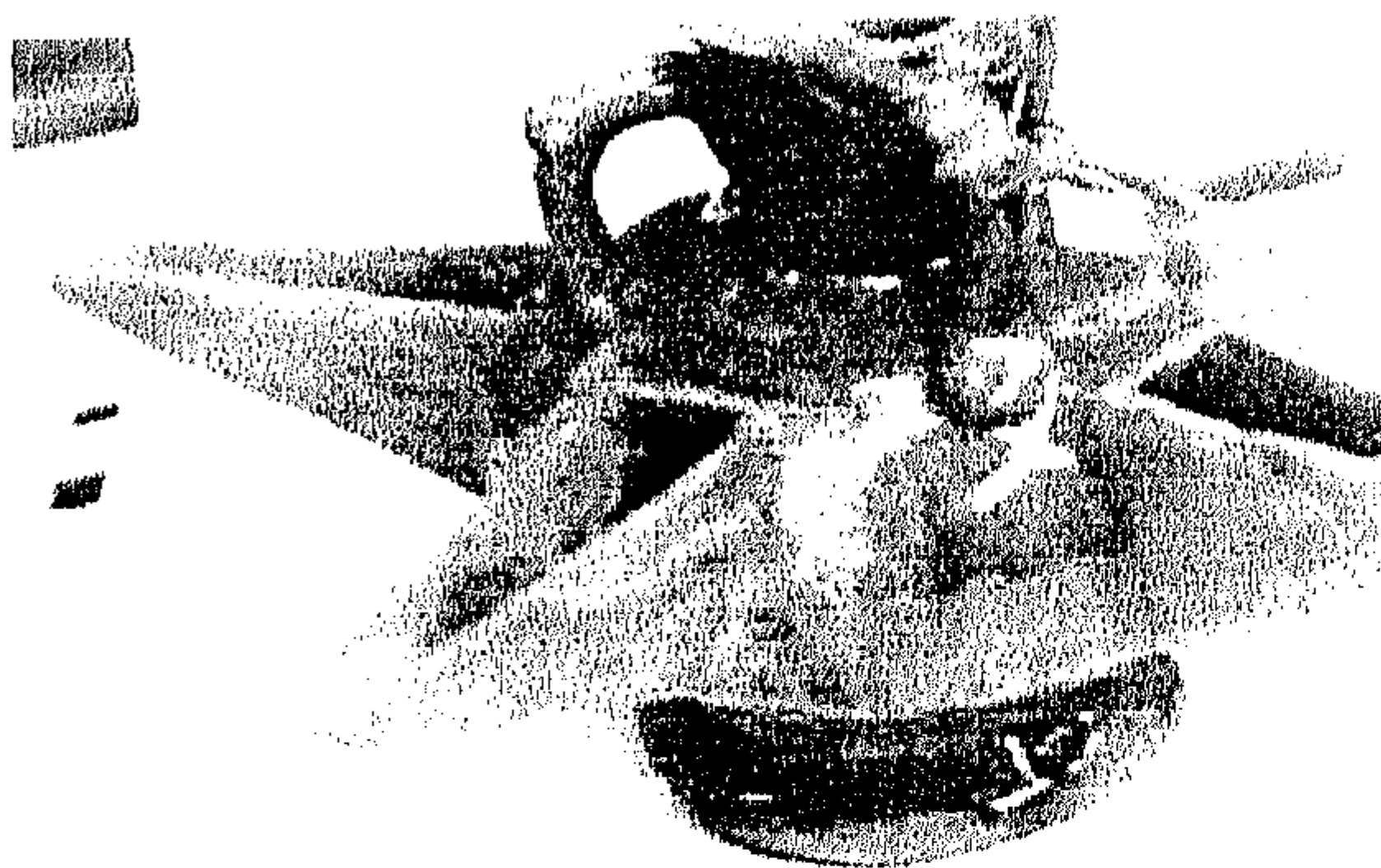
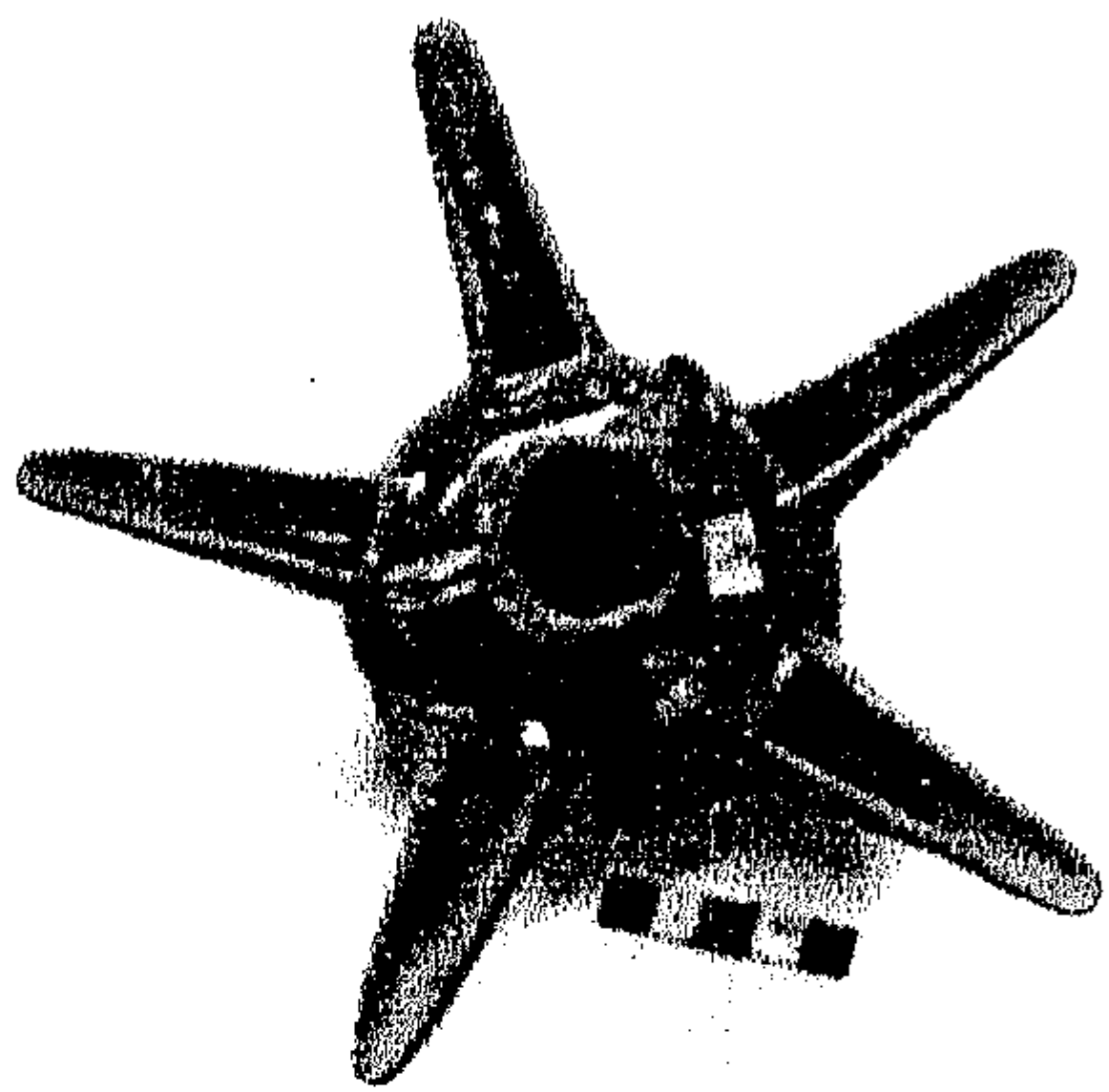
صورة رقم (١١٣) توضح القطعة رقم (٥) بعد  
الانتهاء من إزالة الترميم القديم و التنظيف .



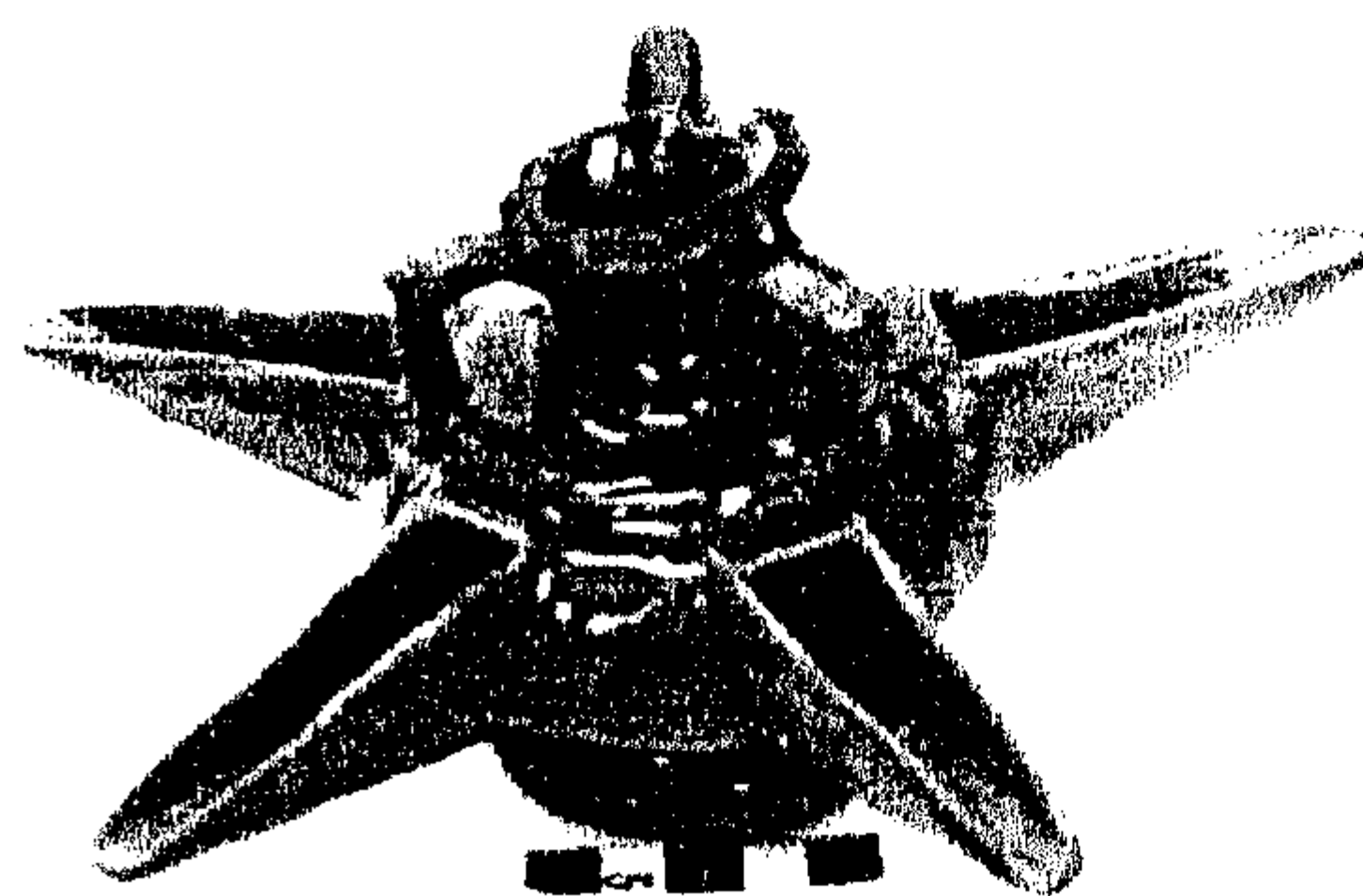
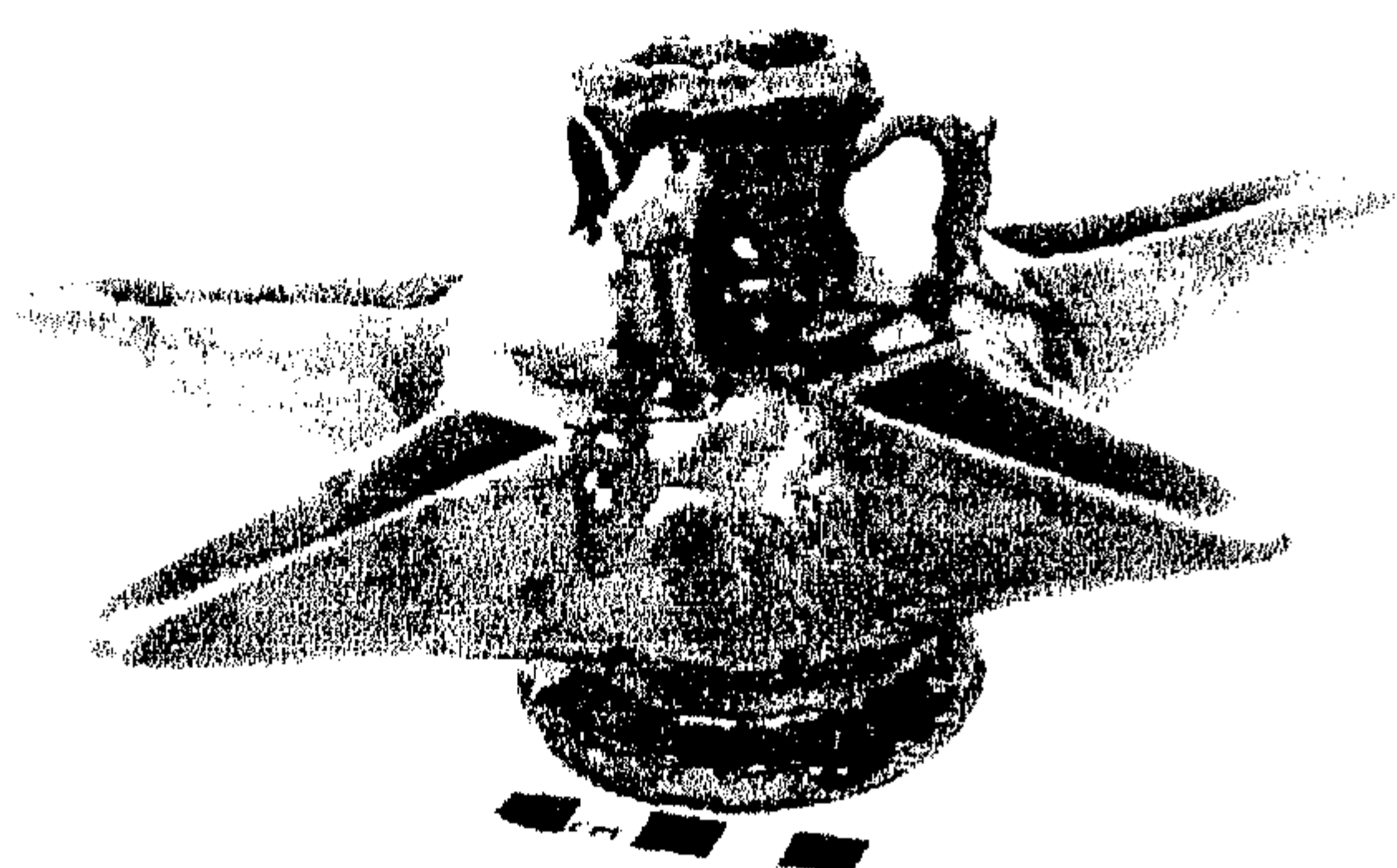
صورة رقم (١١٢) توضح حالة القطعة رقم (٥)  
قبل البدء في الترميم .







الصورتان (١١٤) و (١١٥) توضحان القطعة رقم (٥) بعد الانتهاء من الاستكمال من عمليات الاستكمال .



الصورتان (١١٦) و (١١٧) توضحان القطعة رقم (٥) بعد الانتهاء من الاستكمال وإعادة التلوين .



صورة رقم (١١٩) توضح قاعدة القطعة رقم (٧) بعد تنظيف جزء منها باستخدام محلول الكالجون .



صورة رقم (١١٨) توضح القطعة رقم (٧) وما بها من فقد في الفوهة والمشعل .



فى إزالة العوالق غير شديدة الالتصاق . وتم تطرية الاتساخات الموجودة بالقاعدة لإزالة الطبقات السميكة أولا وتلى ذلك استخدام كمادة محلول الكالجون لمدة حوالى ١٠ دقائق مع العلم أنه تم تندية السطح أولا بالماء حتى لا يمتصها البدن ، وتوضح الصورة رقم (١١٩) القاعدة وقد تم تنظيف جزء منها باستخدام الماء، والطرق الميكانيكية ثم كمادة الكالجون ٣% وأخيرا التخلص من بقايا الكالجون باستخدام الماء ، أما فيما يتعلق بالاستكمال فقد تم استكمال الفوهة والجزء الناقص من المشعل باستخدام خليط مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% واستخدم قالب من شرائح الشمع الطبى . وتوضح الصورة رقم (١٢٠) شكل القطعة بعد عملية الاستكمال ، وبعد ذلك تم إعادة تلوين الأجزاء المستكملة باستخدام ألوان الاكريليك وتم وضع طبقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لمضاهاة لمعان طبقة التزجيج كما يتضح فى الصورة رقم (١٢١).

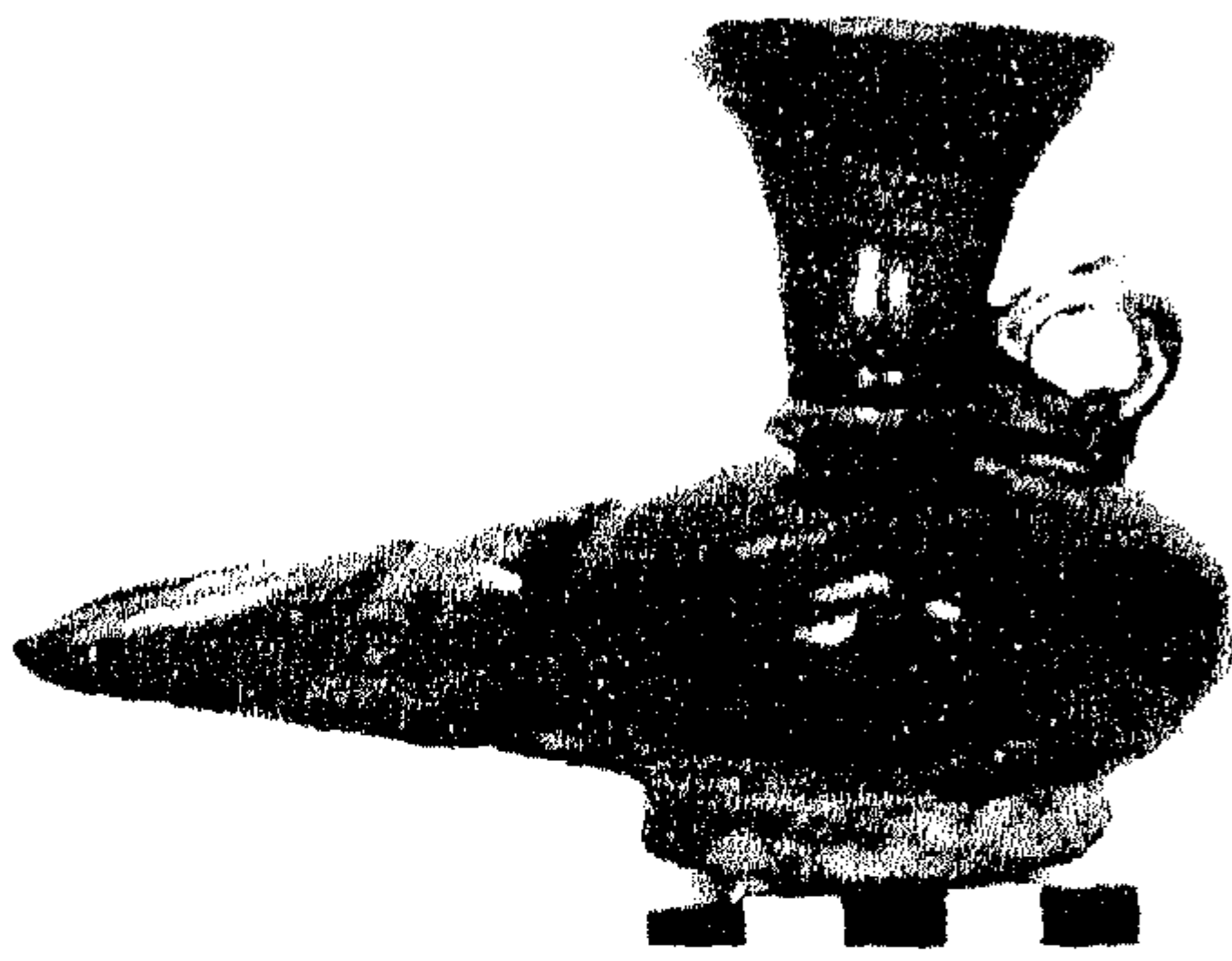
- قطعة رقم (٨): تعاني من فقد فى الفوهة والمشعل ويلاحظ انتشار الاتساخات

داخل وخارج القطعة ، وتوضح الصورة رقم (١٢٢) حالة القطعة وما بها من فقد فى الفوهة والمشعل . و استخدم الماء ومحلول الكالجون فى تنظيف العوالق الصعبة خاصة التى توجد فى المشعل ، وفيما يخص الاستكمال فقد تم استخدام خليط مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٥٠% فى استكمال الأجزاء الناقصة فى المشعل والفوهة كما يتضح فى الصورة (١٢٣) وبعد الانتهاء من الاستكمال كان هناك أهمية كبيرة لإعادة تلوين الأجزاء المستكملة وقد استخدمت ألوان الأكريليك فى إعادة التلوين وتلى ذلك تطبيق محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لمضاهاة طبقة التزجيج ويظهر ذلك فى الصورة رقم (١٢٤) .

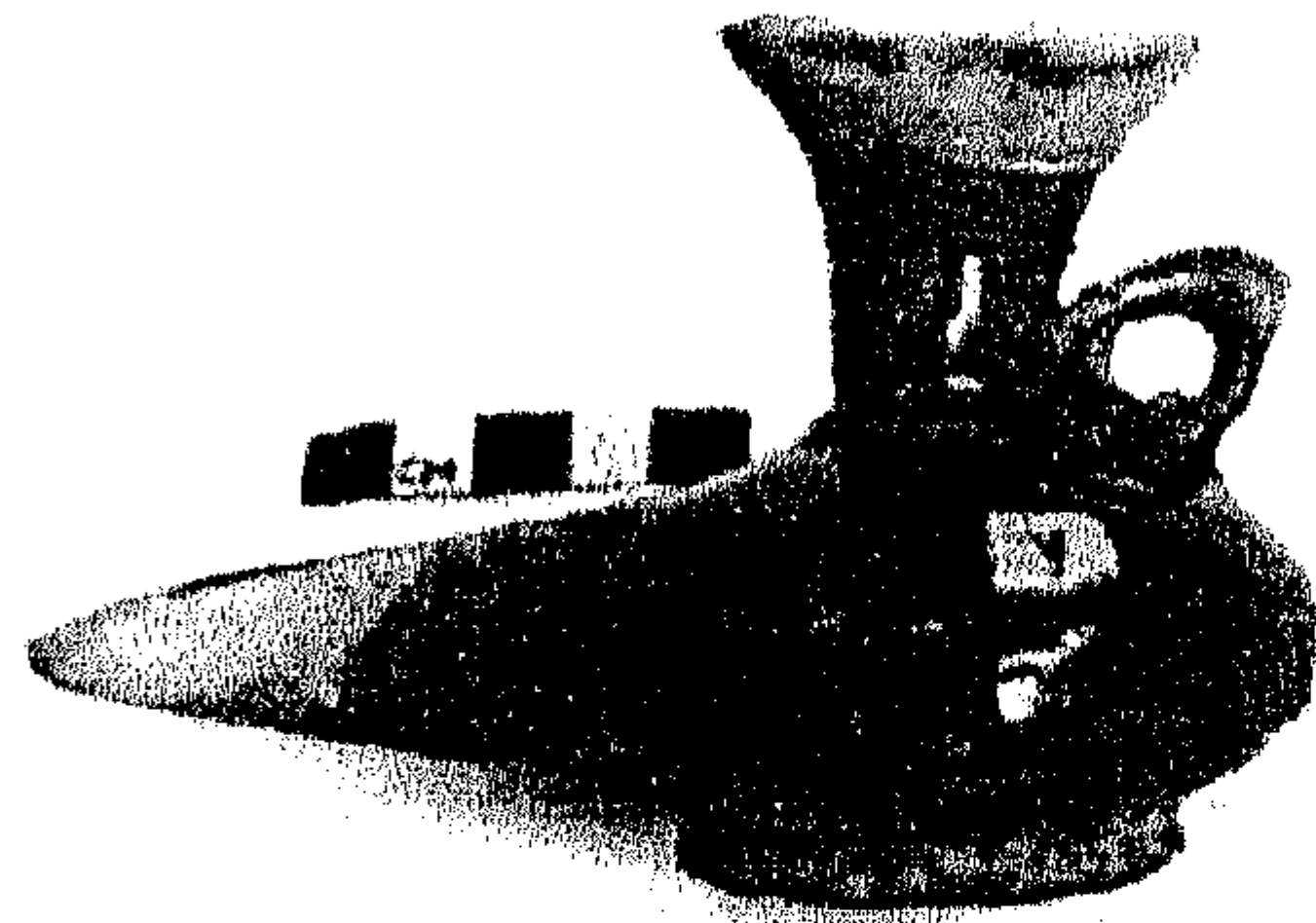
- القطعة رقم (١٠): كما سبق الذكر فإن هذه القطعة تتميز بشكل الطبق ويلاحظ

كما يظهر فى الصورة رقم (١٢٥) أنها تعاني من حالة ضعف شديد للجزء الداخلى للبدن فهذا الجزء متهاك يحتاج إلى عملية تقوية سريعة نظرا لتعرض أجزاء من البدن ومن طبقة التزجيج إلى التساقط و يضاف إلى ذلك الاتساخات المنتشرة فى كل أجزاء القطعة ومن الداخل وعند فتحة المشعل، وكذلك يظهر فى الصورة رقم (١٢٦) الفقد فى جزء من جدار المسرجة بالإضافة إلى وجود شرخ عرض واسع موازى لقاعدة القطعة .

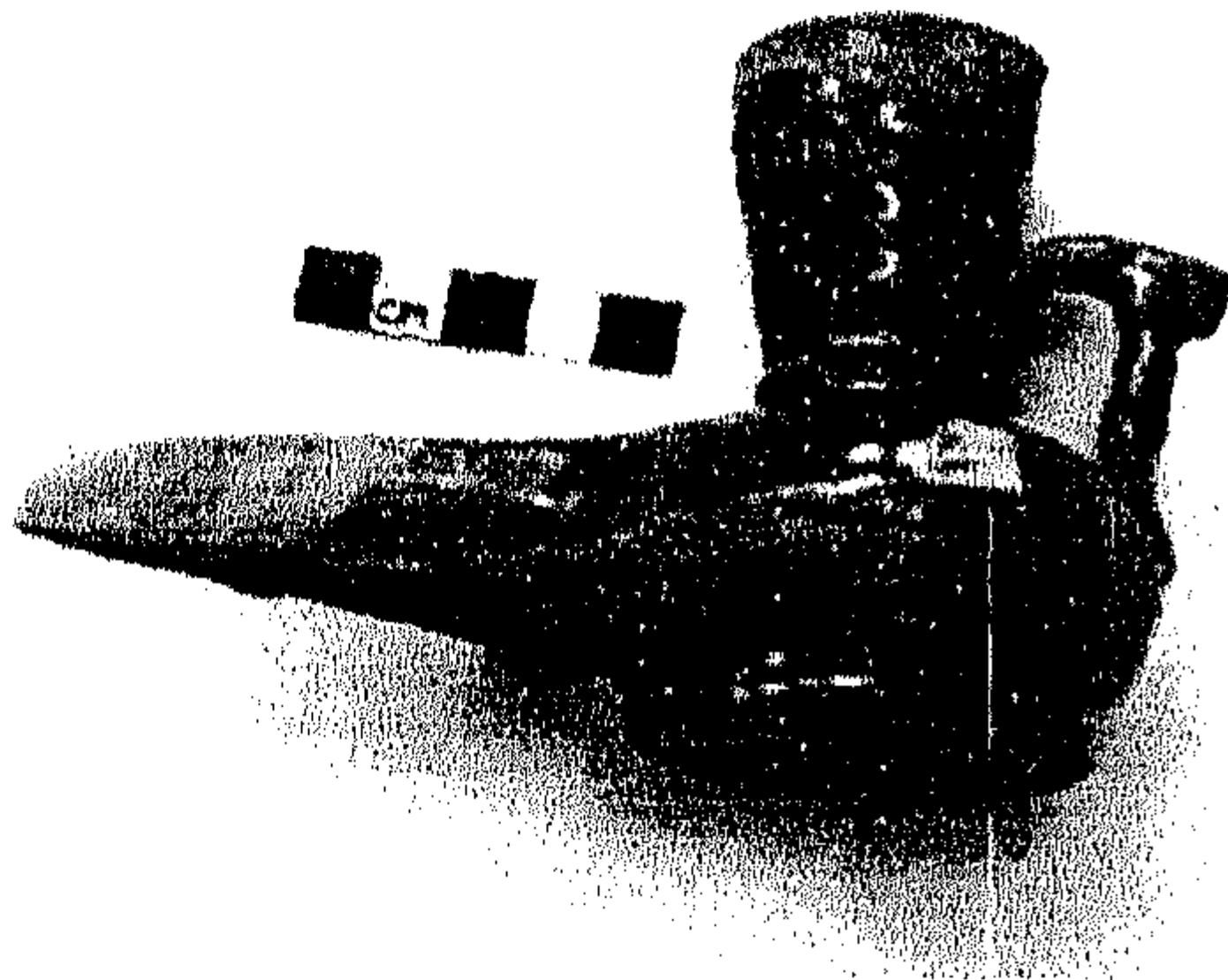




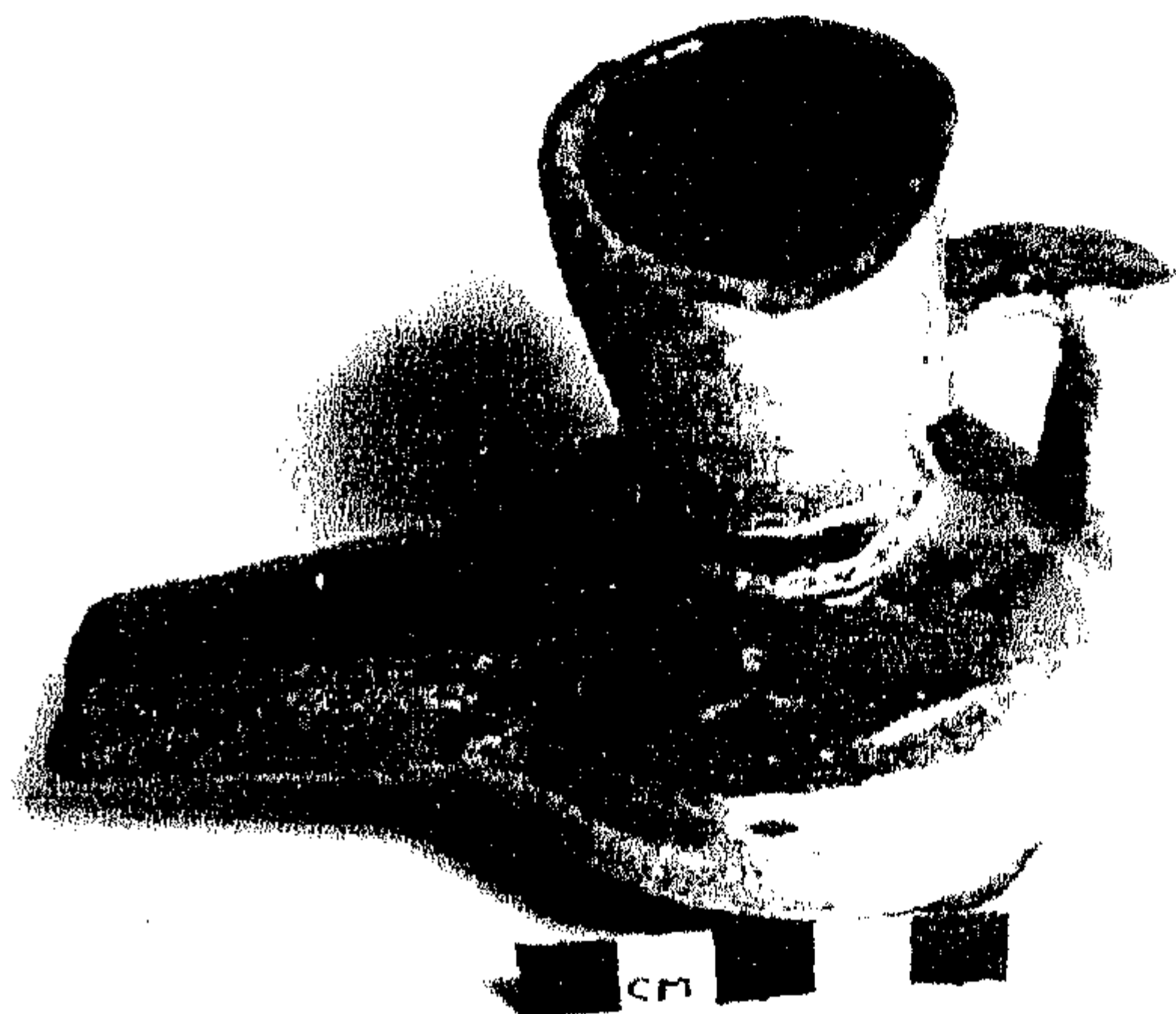
صورة رقم (١٢١) توضح القطعة رقم (٧) بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .



صورة رقم (١٢٠) توضح القطعة رقم (٧) بعد استكمالها بخليط مسحوق الفخار و البارالويد .



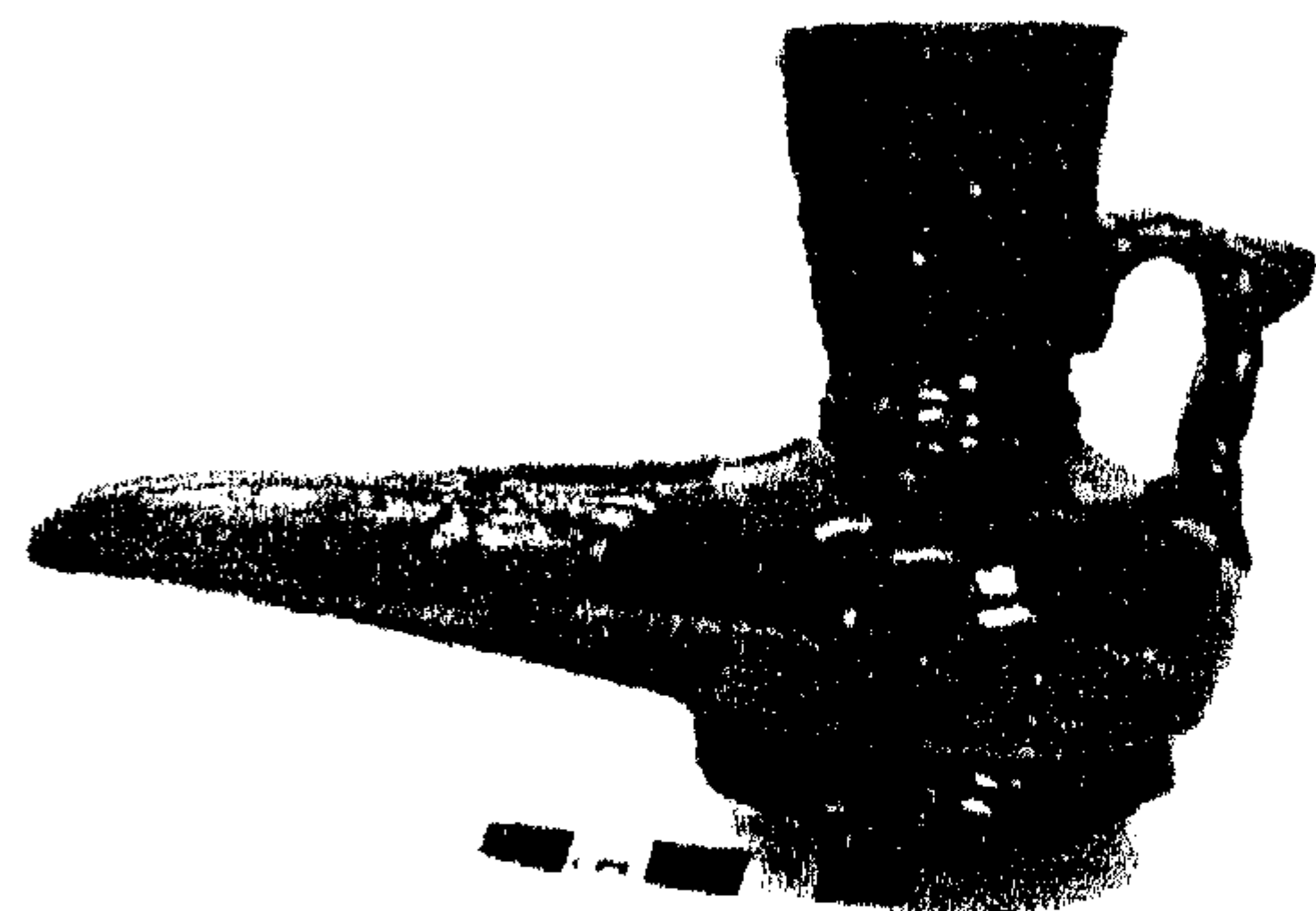
صورة رقم (١٢٣) توضح القطعة رقم (٨) بعد استكمال الاجزاء الناقصة .



صورة رقم (١٢٢) توضح الاجزاء المفقودة بحافة و مشعل القطعة رقم (٨) .



صورة رقم (١٢٥) توضح حالة الضعف و الاتساخات التي تعاني منها القطعة رقم (٧)



صورة رقم (١٢٤) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٨) بعد الانتهاء من مراحل الترميم المختلفة .





وقد تم البدء بتقوية الأجزاء الضعيفة باستخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٥% وذلك قبل البدء من عمليات التنظيف المختلفة والتي تمت فى كل أجزاء القطعة ، وقد استخدم الماء ومحلول الكالجون فى تنظيف الأجزاء المختلفة للقطعة . وتم استخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ١٠% فى حقن الشرخ الموجود بجوار القطعة وذلك لمنع الشرخ من التزايد .

أما فيما يتعلق بالاستكمال فكما يظهر فى الصورة رقم (١٢٧) فقد استخدم خليط من مسحوق الفخار والبارالويد ب ٧٢ بنسبة ٥٠% ، بعد ذلك تم إعادة تلوين القطعة ووضع طبقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٣٠% وتوضح الصورة رقم (١٢٨) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم وإعادة التلوين .

- القطعة رقم (١٤) : تتميز بالشكل الأسطوانى ويلاحظ أن هذه القطعة تعاني من وجود كميات كبيرة من الاتساخات الملتصقة بالقاعدة وعند فتحة المشعل أيضا يوجد ترسب كميات كبيرة من الكربون وبعض المواد الدهنية ، كما يوجد فقد فى القاعدة وجزء من المقبض بالإضافة إلى التآكل الموجود بالمشعل نتيجة الاستخدام وتوضح هذه المظاهر فى الصورة رقم (١٢٩) .

وفىما يتعلق بالتنظيف فقد استخدم محلول الكالجون فى عمل الكمادة لإزالة الاتساخات الموجودة بالقاعدة وتوضح الصورة (١٣٠) شكل القاعدة أثناء إجراء عمليات التنظيف وبعد الانتهاء منها ، ويلاحظ النتيجة الجيدة التى تم الحصول عليها من استخدام كمادة الكالجون.

وفىما يتعلق بالاستكمال فإن هذه القطعة تحتاج إلى استكمال فى منطقة القاعدة والمقبض ، فقد تم استكمال المقبض وذلك بزيادة امتداده حوالى اسم وبذلك يتشابه مع مقبض القطعة رقم (١٦) التى تتخذ نفس الشكل الأسطوانى ، أما بالنسبة لاستكمال القاعدة فلم يوجد دليل على نهاية القاعدة تماماً لذلك تم عمل دائرة نصف قطرها من مركز القاعدة إلى أقصى جزء موجود حالياً من القاعدة .

وقد استخدم خليط مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ فى استكمال المقبض والقاعدة . ويجب ملاحظة أهمية وضع طبقة من البارالويد ب ٧٢ على سطح القاعدة قبل







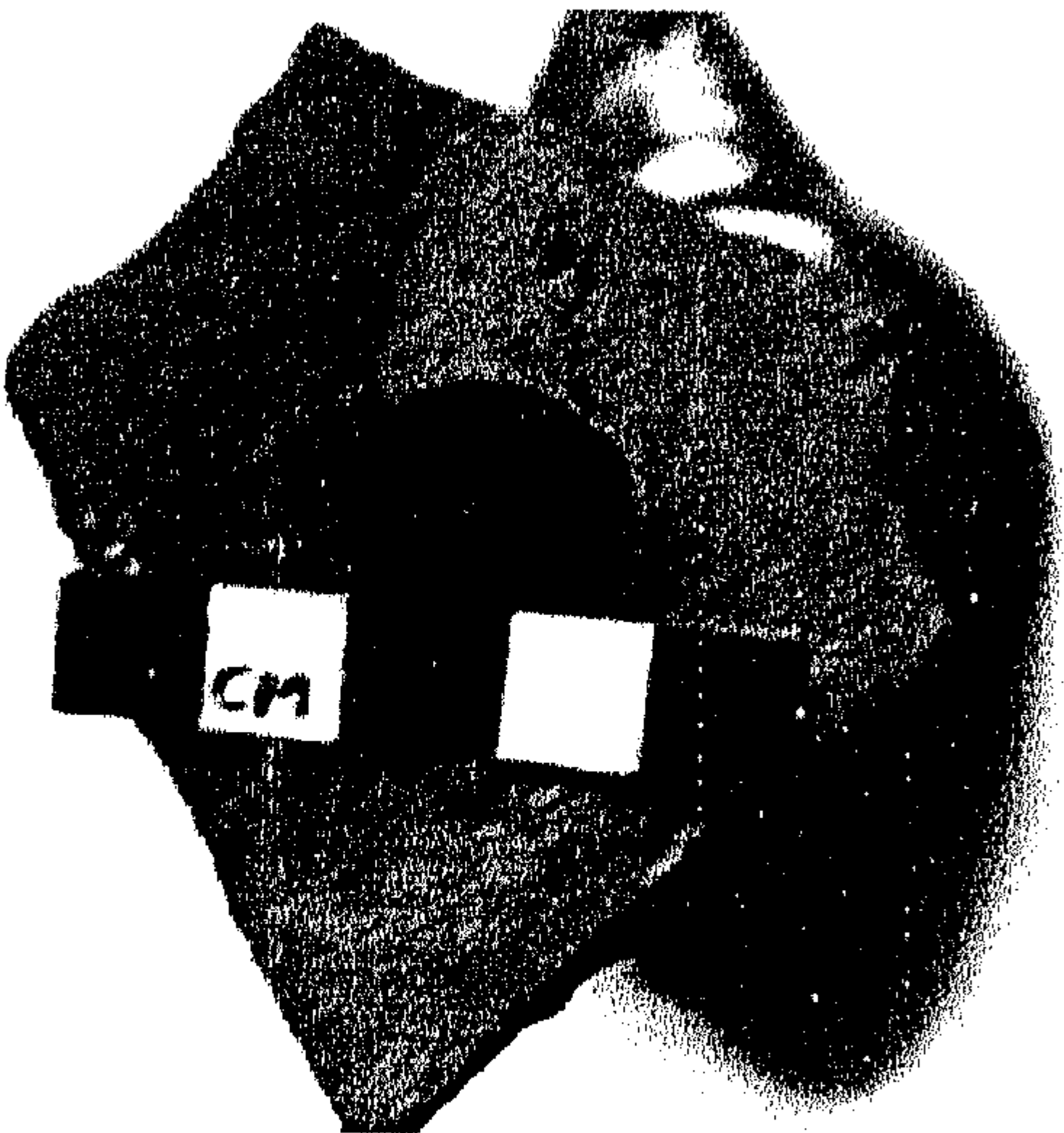
صورة رقم (١٢٧) توضح استكمال الجزء الناقص  
في القطعة رقم (١٠)



صورة رقم (١٢٦) توضح فقد في حافة القطعة  
رقم (١٠)



صورة رقم (١٢٨) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٠)  
بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة



صورة رقم (١٣٠) توضح التنظيف بمحلول  
الكالسيوم لقاعدة القطعة



صورة رقم (١٢٩) توضح الإرساخات والفقء الموجود  
بالقطعة رقم (١٤)



عملية الاستكمال وذلك لضمان قوة الربط بين الجزء المستكمل والجزء الأصلي ، ويتضح الاستكمال لقاعدة ومقبض القطعة فى الصورة رقم (١٣١) .

أما فيما يتعلق بإعادة التلوين للأجزاء المستكملة فقد تم استخدام الدرجة اللونية المناسبة وذلك بالرجوع إلى (البالته) السابق الإشارة إليها ، وبعد ذلك تم تغطية الأجزاء المستكملة بطبقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٣٠% وتوضح الصورة رقم (١٣٢) القطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .

- **القطعة رقم (١٥) :** تعاني من فقد فى المشعل بالإضافة إلى وجود اتساخات داخل وخارج القطعة بالإضافة إلى تساقط بعض أجزاء من طبقة التزجيج بالفوهة ، كما يتضح فى الصورة رقم (١٣٣) . وفيما يتعلق بالتنظيف فقد استخدم الماء فى التنظيف للأجزاء الداخلية والخارجية ، أما الاستكمال فقد استخدم نفس خليط مسحوق الفخار مع محلول البارالويد ب ٧٢ وتوضح الصورة رقم (١٣٤) القطعة بعد الانتهاء من عمليات التنظيف والاستكمال وبعد ذلك تم إعادة التلوين باستخدام ألوان الاكريليك للأجزاء المستكملة وتبين الصورة رقم (١٣٥) الشكل النهائى للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .

- **القطعة رقم (١٦):** تعاني هذه القطعة من اتساخات تراكمت فوق الأجزاء المختلفة للمسرجة ويلاحظ تراكم كمية كبيرة من الكربون على بقايا المشعل نتيجة الاستخدام بالإضافة إلى أن هناك فقد فى القاعدة والمقبض ومقدمة المشعل وتوضح الصورة رقم (١٣٦) الحالة التى وجدت عليها القطعة .

وقد تم تنظيف هذه القطعة بالقطن المندى بالماء بالنسبة للأجزاء المزججة وباستخدام الكالجون فى حالة الأجزاء التى تساقط تزجيجها ، وتوضح الصورة رقم (١٣٧) حالة القطعة بعد الانتهاء من عمليات التنظيف. وفيما يتعلق بالاستكمال فإنه تم استخدام عجينة مسحوق الفخار مع البارالويد ب ٧٢ فى استكمال المشعل وذلك بعمل قالب من شرائح الشمع الطبى . وبالنسبة لاستكمال القاعدة فقد تم عمل دائرة مركزها منتصف القاعدة الدائرية ونصف قطرها يمتد إلى أقصى جزء موجود حالياً من القاعدة ، وقد تم وضع طبقة من محلول البارالويد على الجزء الأصلي قبل الاستكمال وذلك للتأكد من التماسك وتوضح الصورة (١٣٨) شكل القطعة بعد الانتهاء من الاستكمال للفوهة





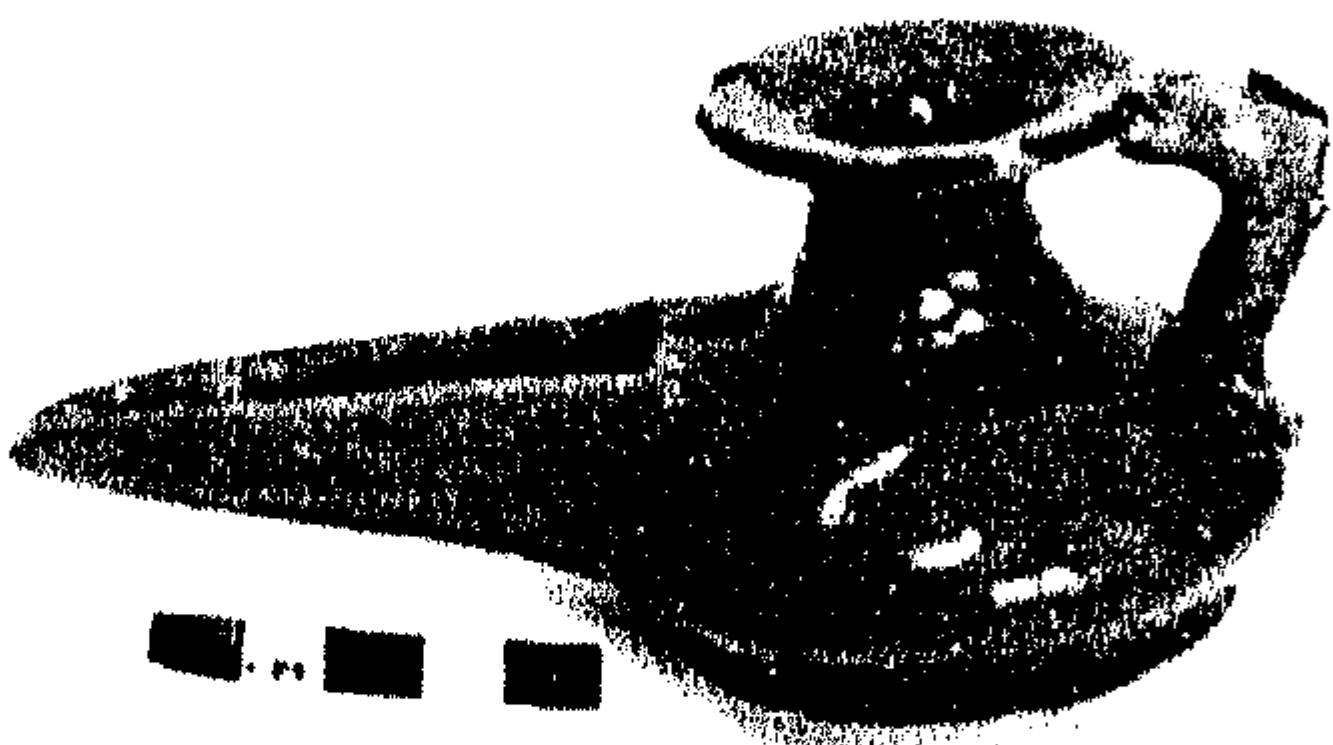
صورة رقم (١٣٢) توضح القطعة رقم (١٤)  
بعد الإنتهاء من عمليات العلاج المختلفة



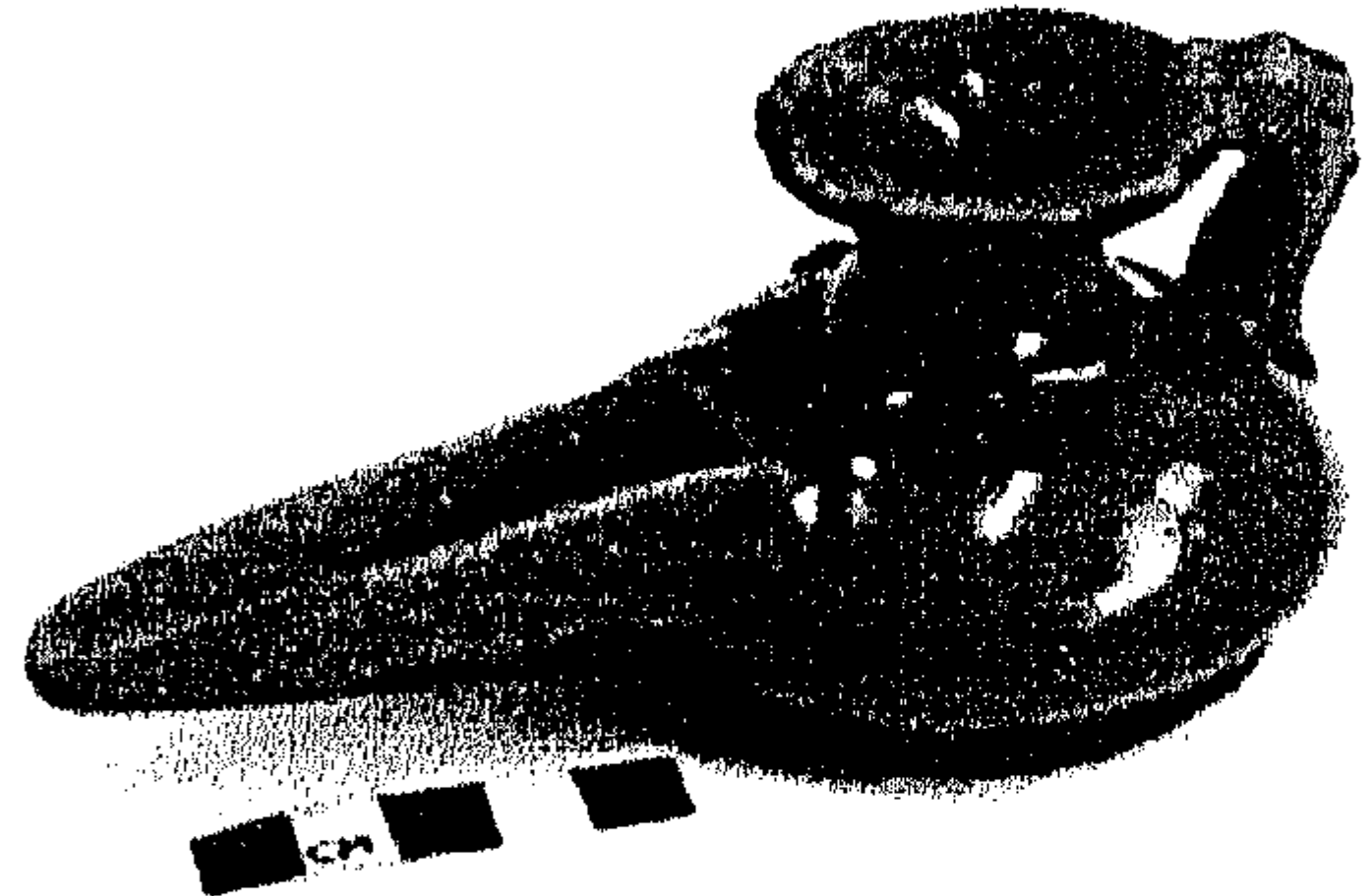
صورة (١٣١) توضح استكمال قاعدة ومقبض  
القطعة باستخدام خليط من مسحوق الفخار  
ومحلول البارالويد ب ٧٢



صورة رقم (١٣٣) توضح حالة القطعة رقم (١٥)  
قبل البدء في عملية الترميم



صورة (١٣٥) توضح الحالة النهائية للقطعة بعد  
عمليات الترميم المختلفة



صورة رقم (١٣٤) توضح القطعة بعد الإنتهاء  
من التنظيف والإستكمال





والقاعدة ، وكانت المرحلة النهائية بإعادة تلوين الأجزاء المستكملة بالقطعة باستخدام ألوان الاكريليك وذلك بالاستعانة ببالته الألوان التي تم تحضيرها سلفا، وتوضح الصورة رقم (١٣٩) الشكل النهائي للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة.

- القطعة رقم (١٧): توضح الصورة رقم (١٤٠) حالة القطعة حيث فقد أحد المشعلين ويوجد كمية كربون كبيرة ترسبت على المشعل الباقي ويلاحظ أيضا فقد المقبض بالإضافة إلى تراكم الاتساخات داخل وخارج القطعة، وقد تم تنظيف مقدمة المشعل باستخدام الماء ومحلول الكالجون.

وبالنسبة للاستكمال فقد تم الاستفادة من المشعل الباقي كدليل لاستكمال المشعل المفقود وتم استخدام عجينة مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ ٥٠% مع استخدام شرائح الطين في عمل القالب ، وتوضح الصورة رقم (١٤١) شكل القطعة بعد التنظيف والاستكمال وبعد ذلك تم تقوية قاعدة المسرجة بمحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% وقد تم الرجوع الي (البالته) في إعادة تلوين المشعل المستكمل وتوضح الصورتان (١٤٢) و(١٤٣) الشكل النهائي للقطعة بعد إتمام عمليات الترميم المختلفة.

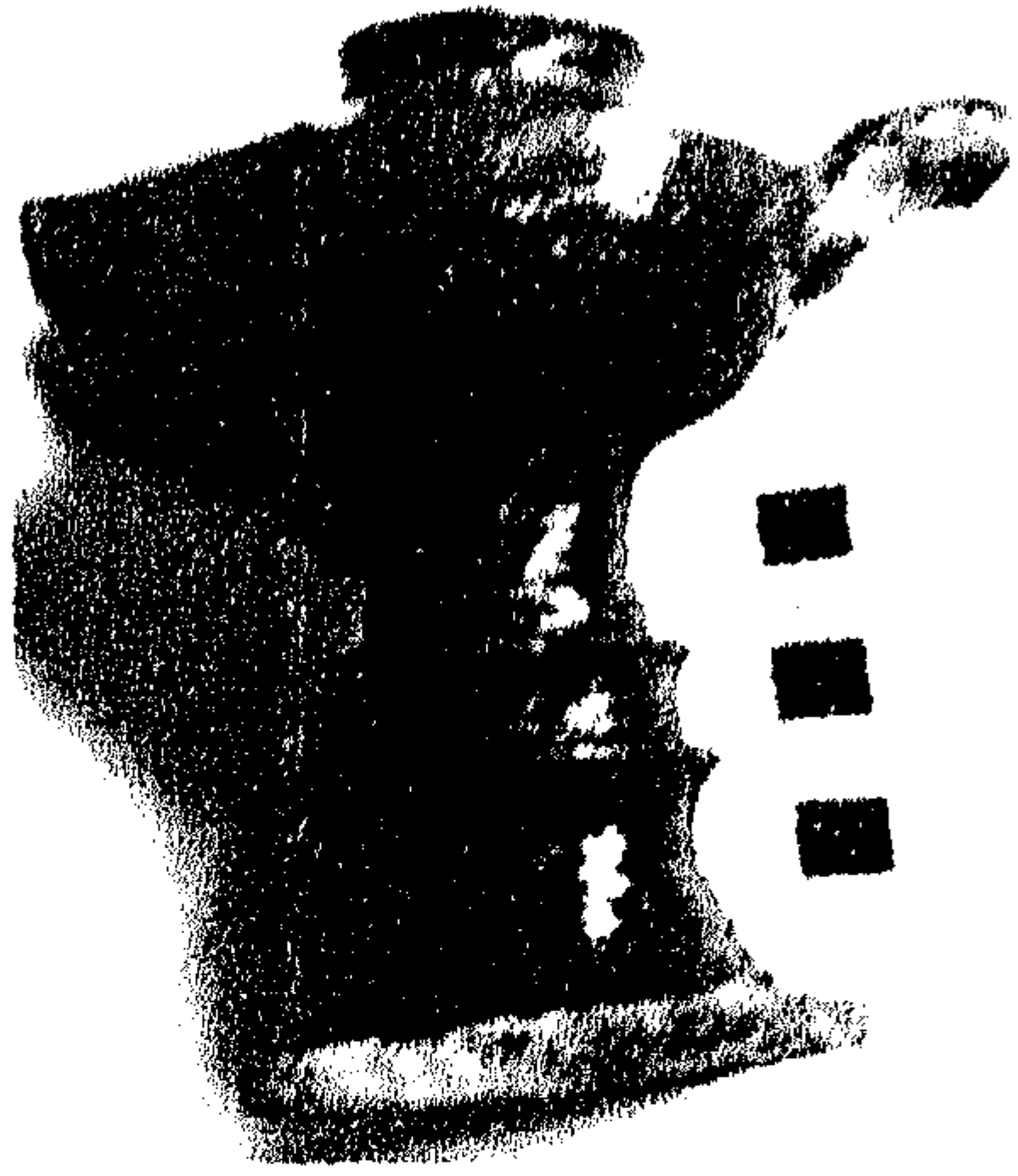
- القطعة رقم (١٨): يلاحظ في هذه القطعة كما يظهر في الصورة رقم (١٤٤) أنها تعاني من تراكم كميات كبيرة من الاتساخات وفقد مقدمة المشعلين بالإضافة إلى فقد المقبض .

وقد تم تنظيف القطعة باستخدام القطن المندى بالماء بالإضافة إلى كمادة محلول الكالجون التي ساعدت في تنظيف الأجزاء التي تساقط تزجيجها ، وتوضح الصورة (١٤٥) القطعة بعد الانتهاء من عملية التنظيف .

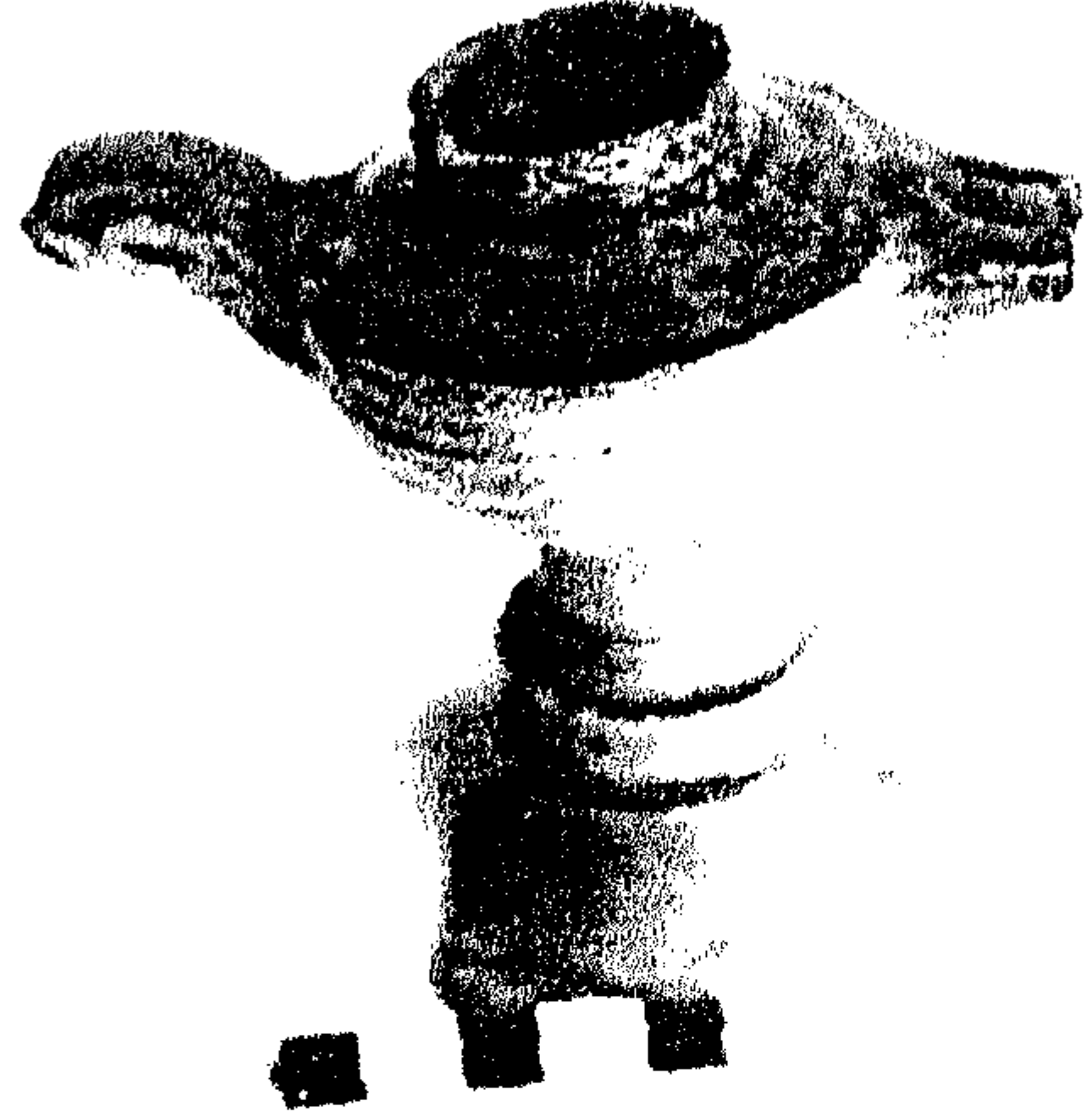
وفيما يتعلق بالاستكمال فقد تم الرجوع إلى النماذج المشابهة التي تحتوى على مشاعل كاملة، وتم الاستكمال باستخدام خليط مسحوق الفخار مع محلول البارالويد ب ٧٢ واستخدم شرائح الشمع الطبي في عمل القوالب اللازمة للاستكمال وتوضح الصورة (١٤٦) القطعة بعد استكمالها بالعجينة السابقة ، وقد تم إعادة تلوين الأجزاء المستكملة باستخدام ألوان الاكريليك وتوضح الصورة (١٤٧) الشكل النهائي للقطعة بعد الانتهاء من مراحل الترميم المختلفة .



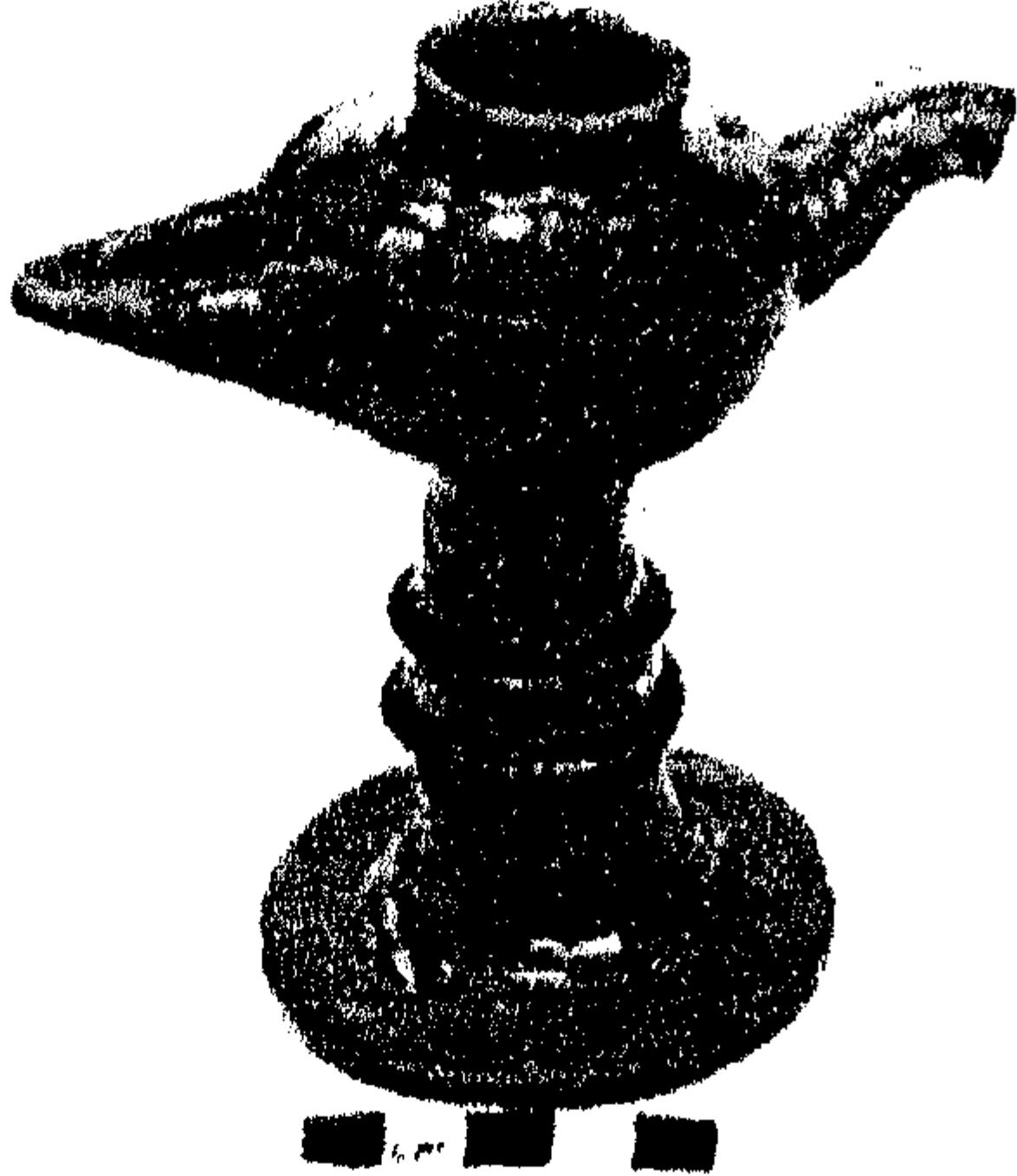




صورة (١٣٧) توضح القطعة بعد الإنتهاء من  
التنظيف



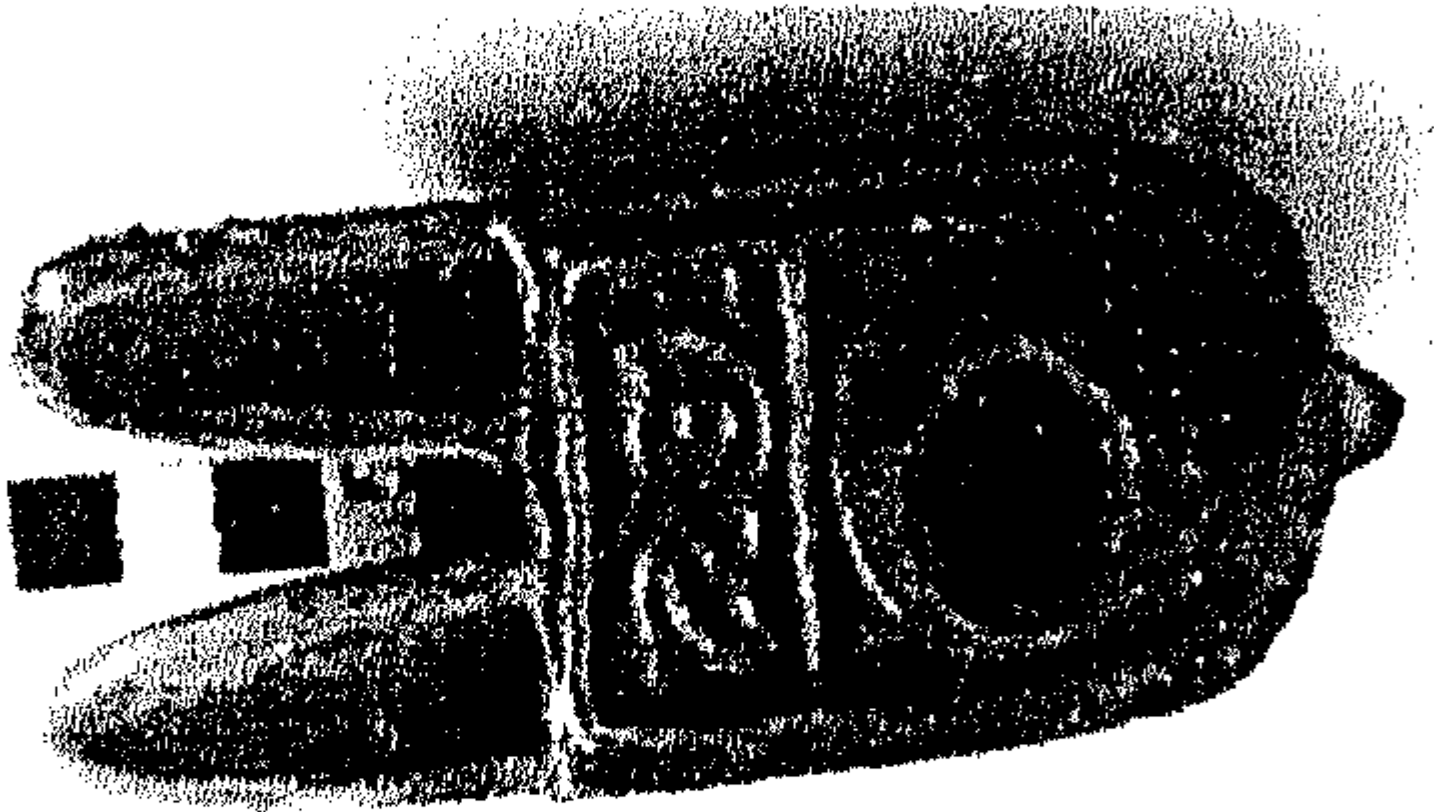
صورة رقم (١٣٦) توضح الفقد والإتساخات  
في القطعة رقم (١٦)



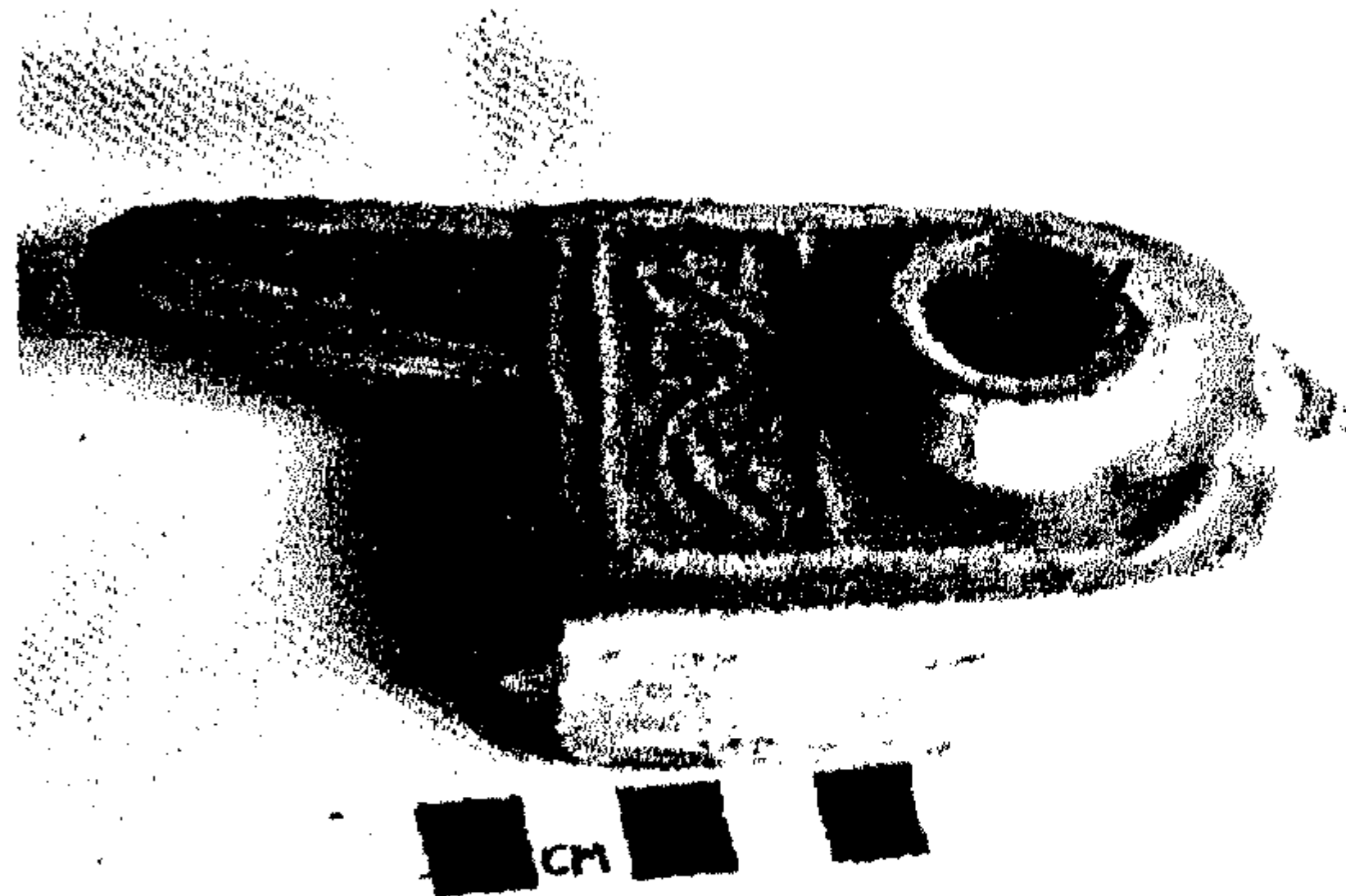
صورة (١٣٩) توضح الشكل النهائي للقطعة



صورة (١٣٨) توضح القطعة بعد استكمالها

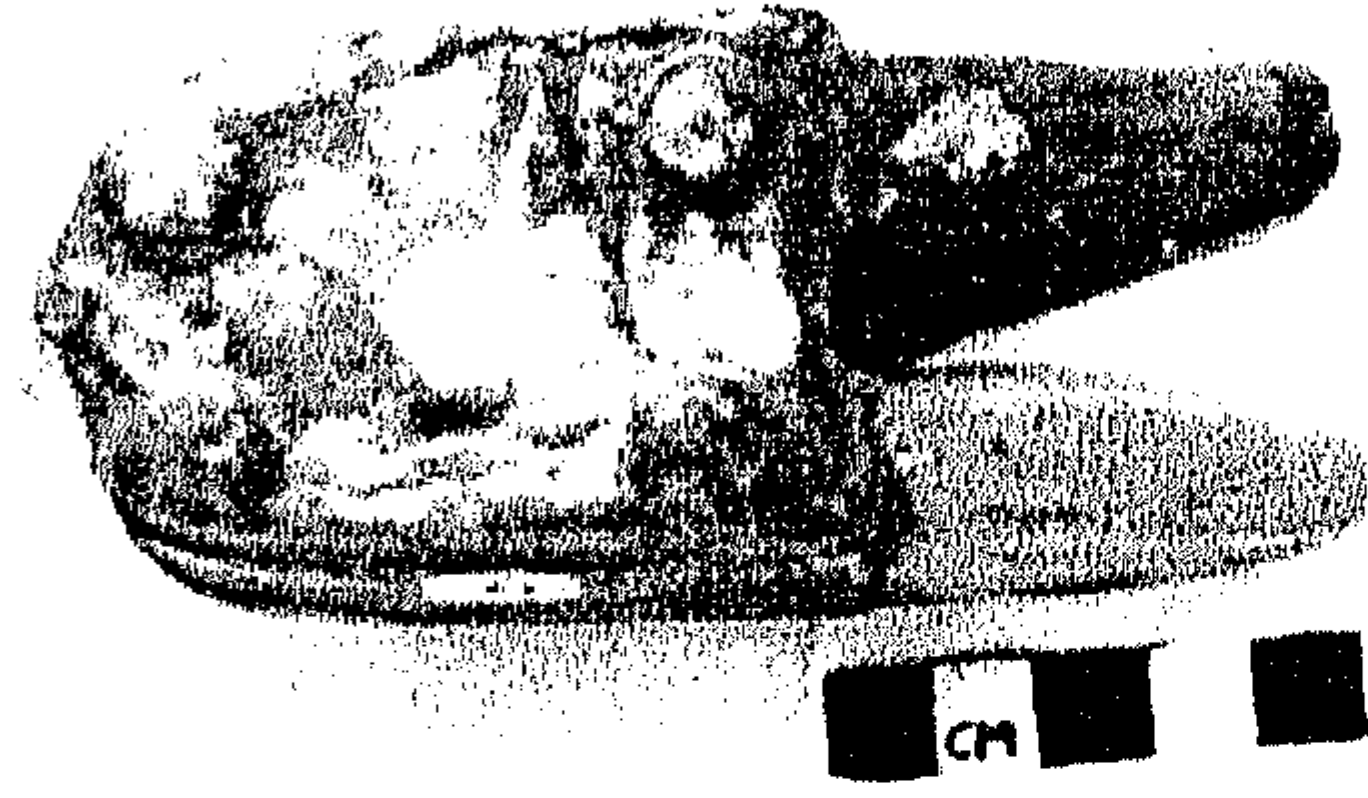
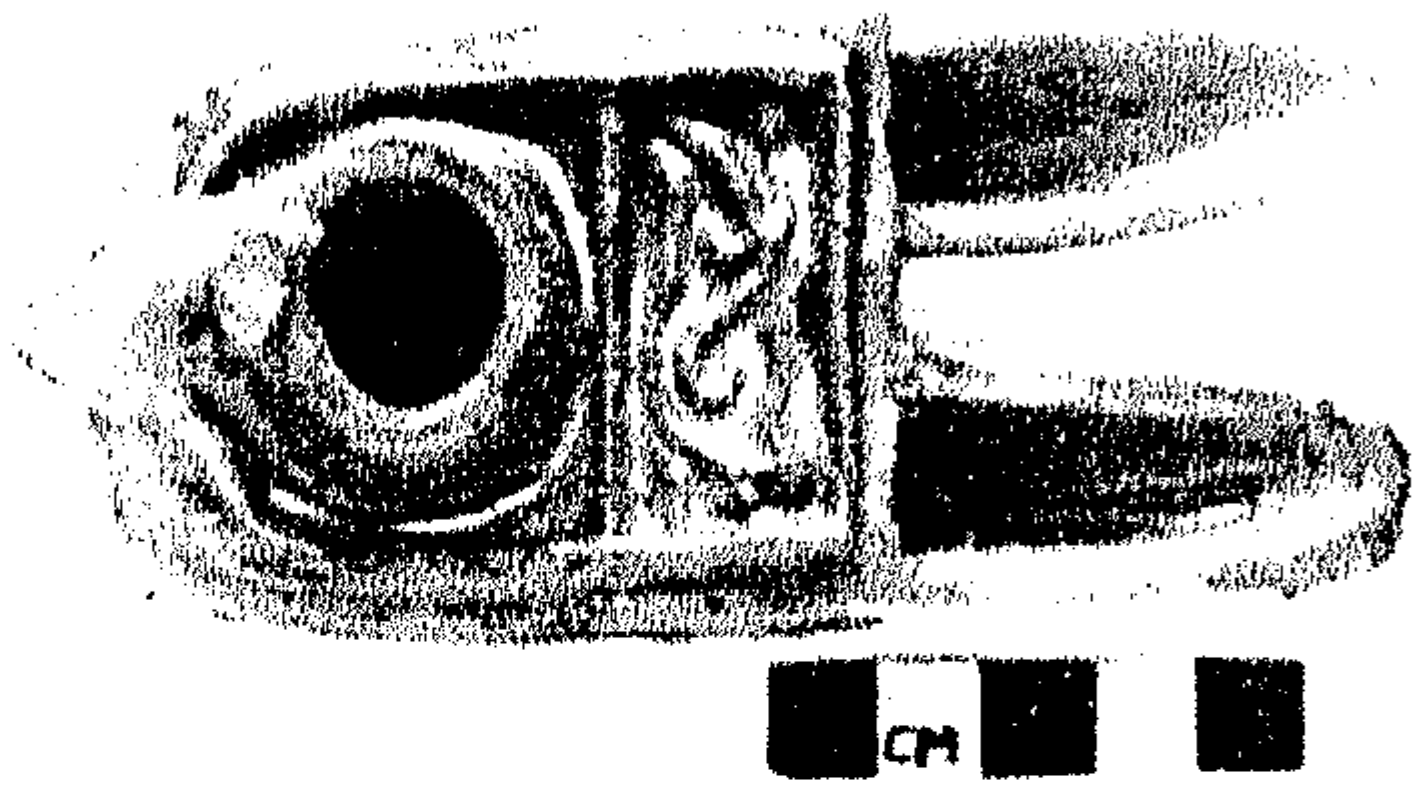


صورة (١٤١) توضح القطعة بعد تنظيفها واستكمال  
المشعل المفقود

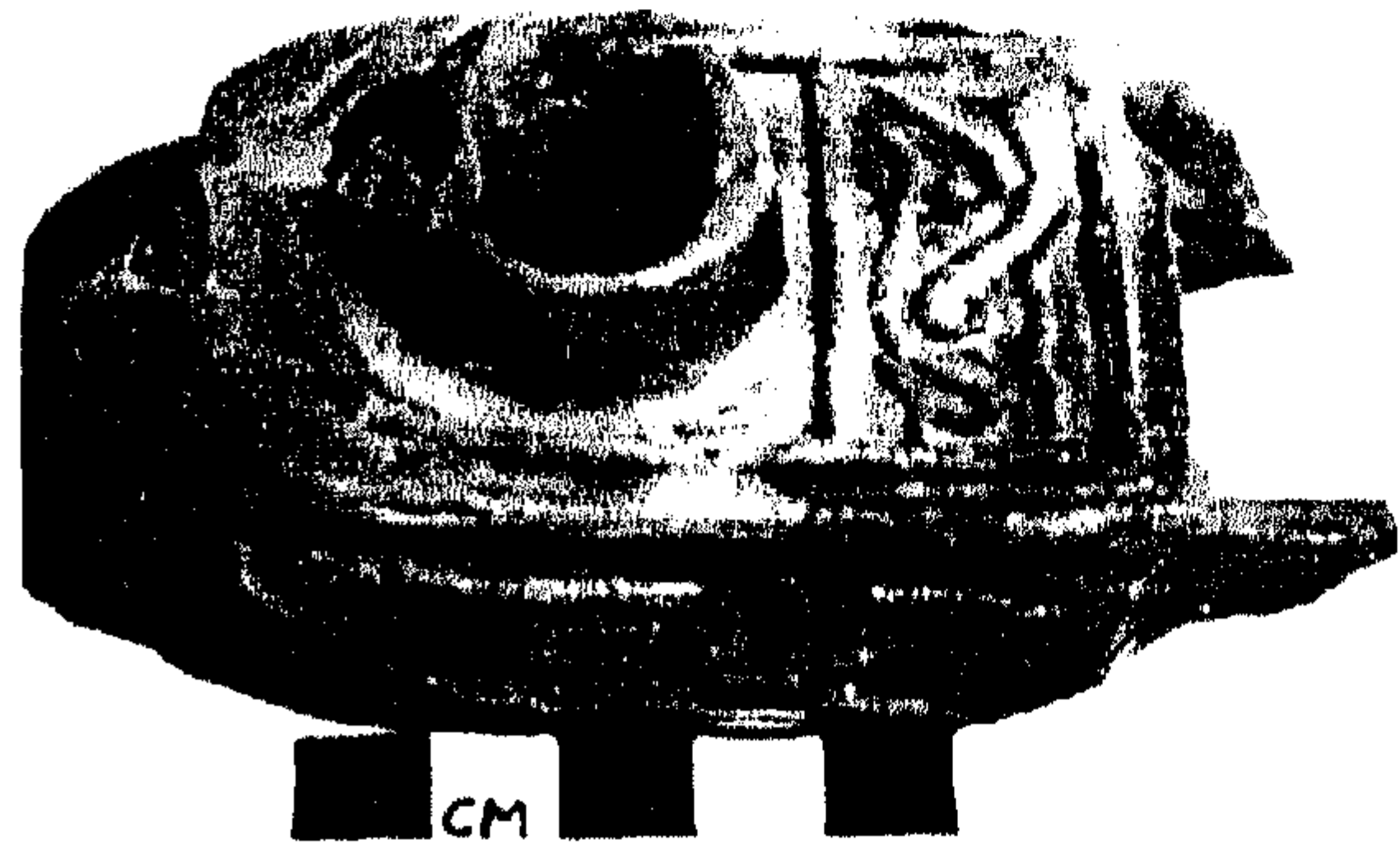
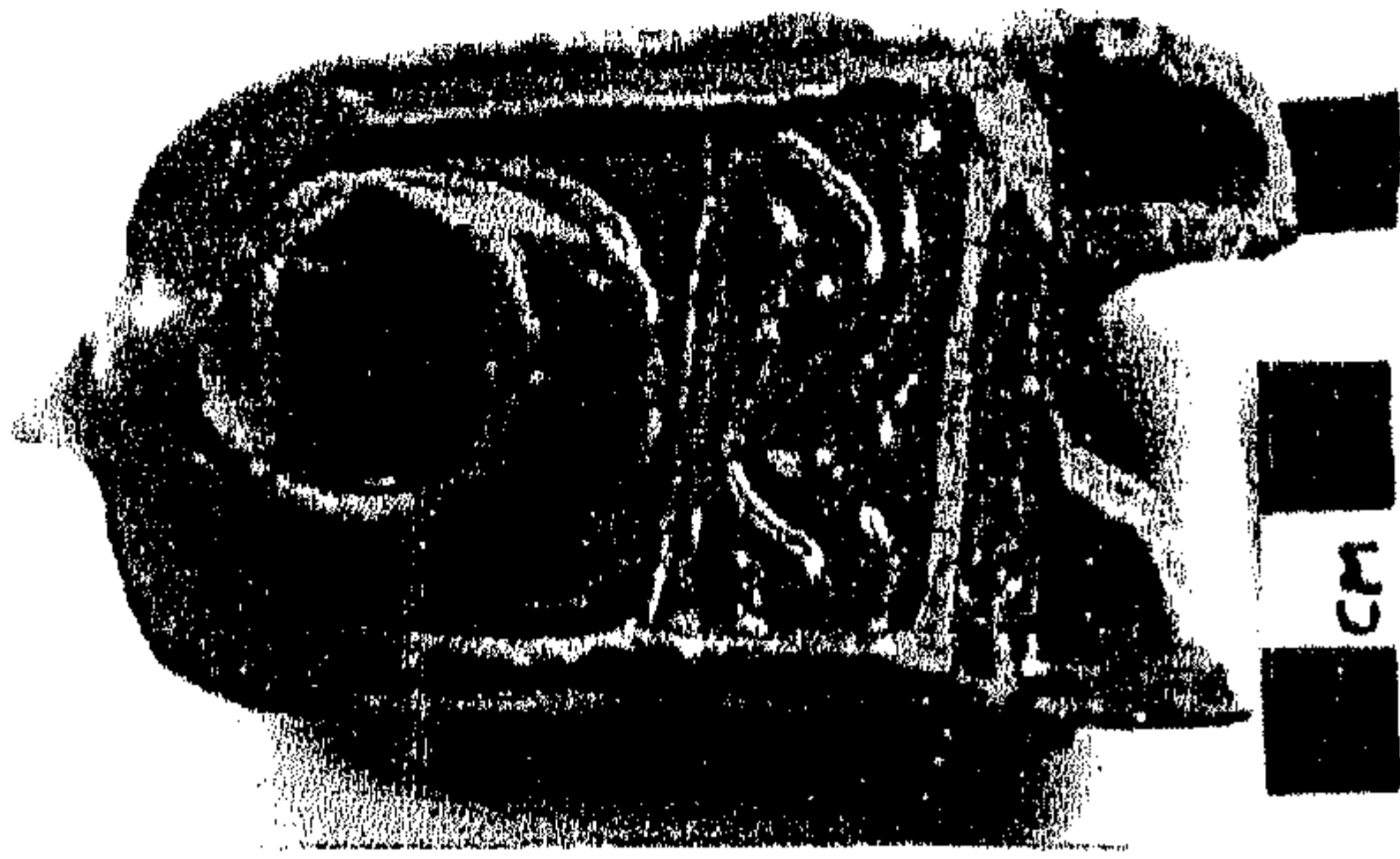


صورة (١٤٠) توضح فقد أحد المشعلتين  
من القطعة (١٧)



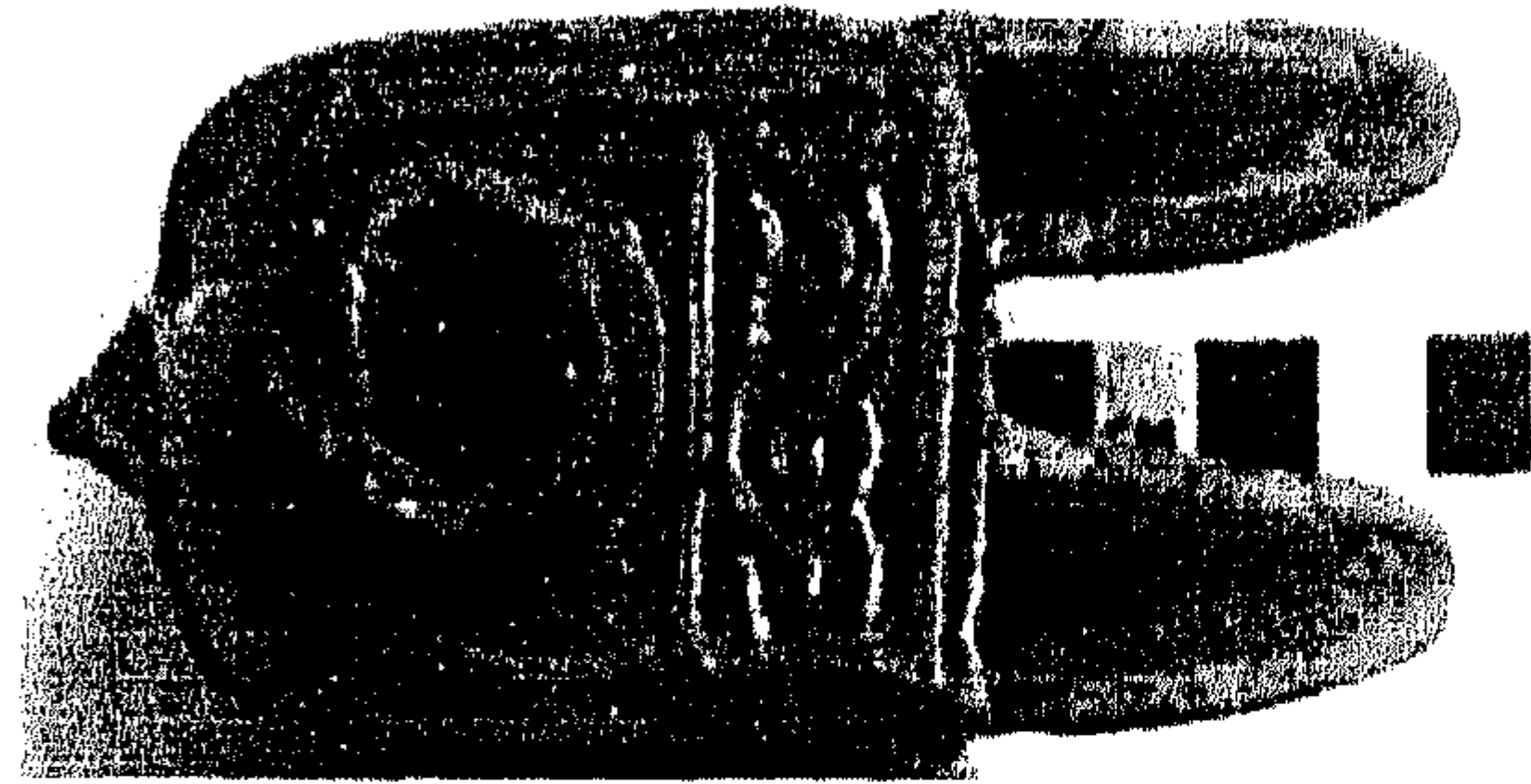
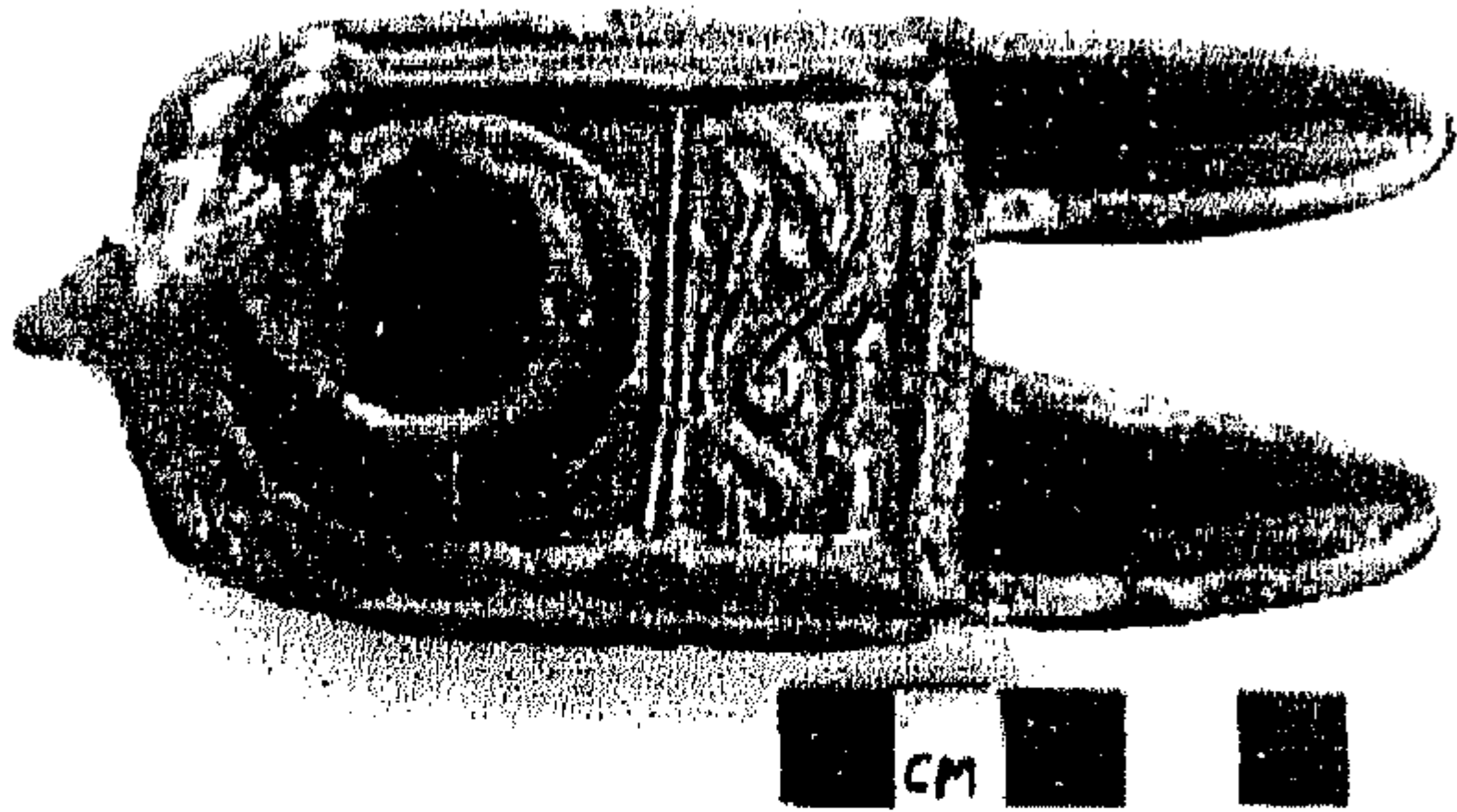


الصورتان ( ١٤٢-١٤٣ ) توضحان الشكل النهائي للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم



صورة (١٤٥) توضح القطعة رقم (١٨) بعد الإنتهاء من تنظيفها .

صورة (١٤٤) توضح كمية الإتساخات المتراكمة بالإضافة إلى فقد مقدمة المشعلين للقطعة رقم (١٨)



صورة (١٤٧) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٨) بعد الانتهاء من عمليات الترميم.

صورة (١٤٦) توضح استكمال مشعل القطعة باستخدام عجينه مسحوق الفخار مع البارالويد ب ٧٢ - ٥٠% للقطعة رقم (١٨).



- القطعة رقم (١٩): يلاحظ أن هذه القطعة يوجد عليها كميات كبيرة من الاتساخات على السطح وداخلها بالإضافة إلى الاتساخات الموجودة على القاعدة بالإضافة إلى فقد بعض الأجزاء في أطراف القطعة ويظهر ذلك بوضوح في الصورة رقم (١٤٨) .

وتم تنظيف هذه القطعة باستخدام الماء وكمادة الكالجون على الأجزاء المفقودة والقاعدة التي ترسب عليها كميات كبيرة من نواتج الاستخدام ، وتوضح الصورة رقم (١٤٩) شكل القطعة بعد الانتهاء من عملية التنظيف .

وفيما يتعلق بالاستكمال فإن هذه القطعة تتميز بالتماثل بين نصفين ولذا تم استكمال هذا الجزء باستخدام عجينة من كربونات الكالسيوم مع محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% ، وبعد وضع العجينة في مكان الجزء المفقود تم تسويته وتم تحديد الجزء الزخرفي الناقص ، وتم حفر هذه الزخرفة باستخدام الأدوات المناسبة ، ويظهر ذلك في الصورة رقم (١٥٠) . وبعد الانتهاء من الاستكمال وحفر الجزء الزخرفي الناقص تم إعادة تلوين الجزء المستكمل باستخدام ألوان الاكريليك، ويظهر ذلك في الصورة رقم (١٥١) .

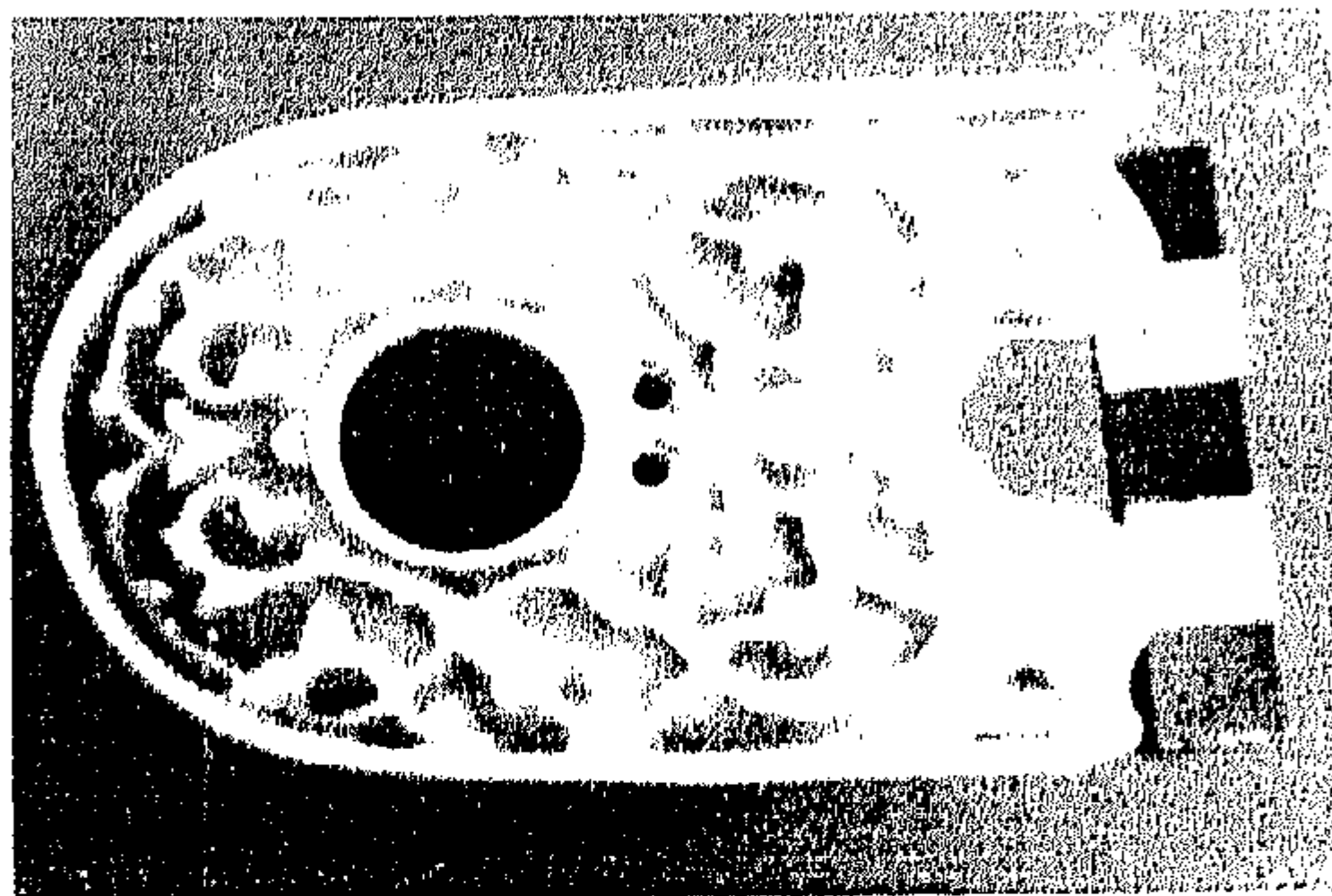
- القطعة رقم (٢٠): تعاني هذه القطعة من تراكم الأتربة ومن فقد المقبض ومقدمة فتحة المشعل التي يلاحظ بها وجود شروخ نافذة حيث تم تقوية هذه الشروخ باستخدام محلول بارالويد ب ٧٢ بنسبة ١٠% لمنع الشرخ من الزيادة، ويظهر ذلك في الصورة رقم (١٥٢) . وقد تم تنظيف هذه القطعة باستخدام الماء وكمادة الكالجون وتوضح الصورة رقم (١٥٣) القطعة بعد التنظيف .

أما فيما يتعلق بالاستكمال فقد استخدم عجينة مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% لاستكمال المقبض ومقدمة فتحة المشعل، وتوضح الصورة رقم (١٥٤) القطعة بعد استكمالها . أما بالنسبة لإعادة التلوين فقد استخدمت ألوان الاكريليك في إعادة تلوين الأجزاء المستكملة وتم الاستعانة ببالته الألوان وبعد اختيار الدرجة اللونية المناسبة تم تطبيق محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٣٠% لمضاهاة التزجيج، وتوضح الصورة رقم (١٥٥) الشكل النهائي للقطعة بعد إتمام العمل .

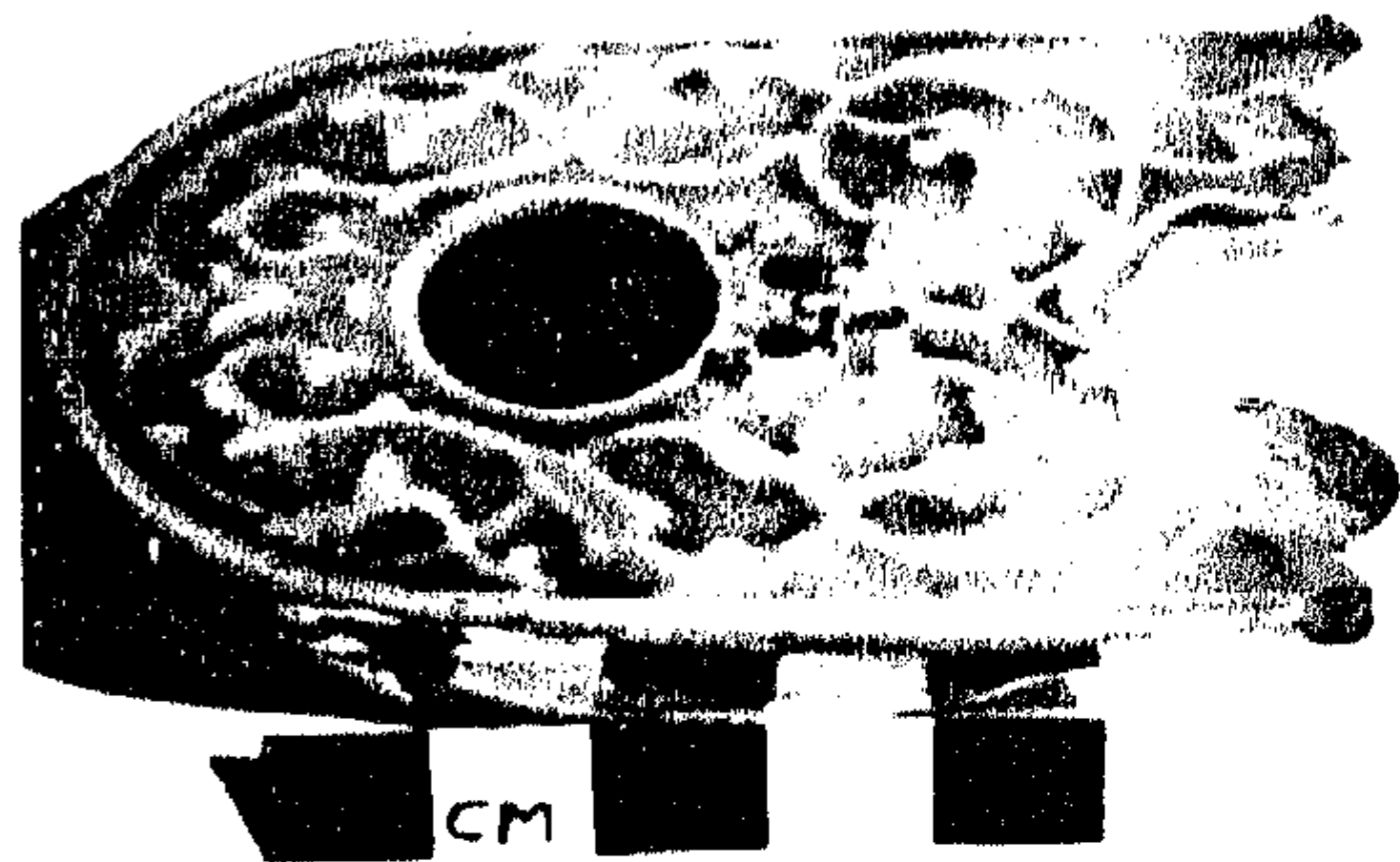
- القطعة رقم (٢١): توضح الصورة رقم (١٥٦) القطعة وقد فقد جزء من أحد المشعلين بالإضافة إلى تراكم الاتساخات داخل وخارج القطعة .



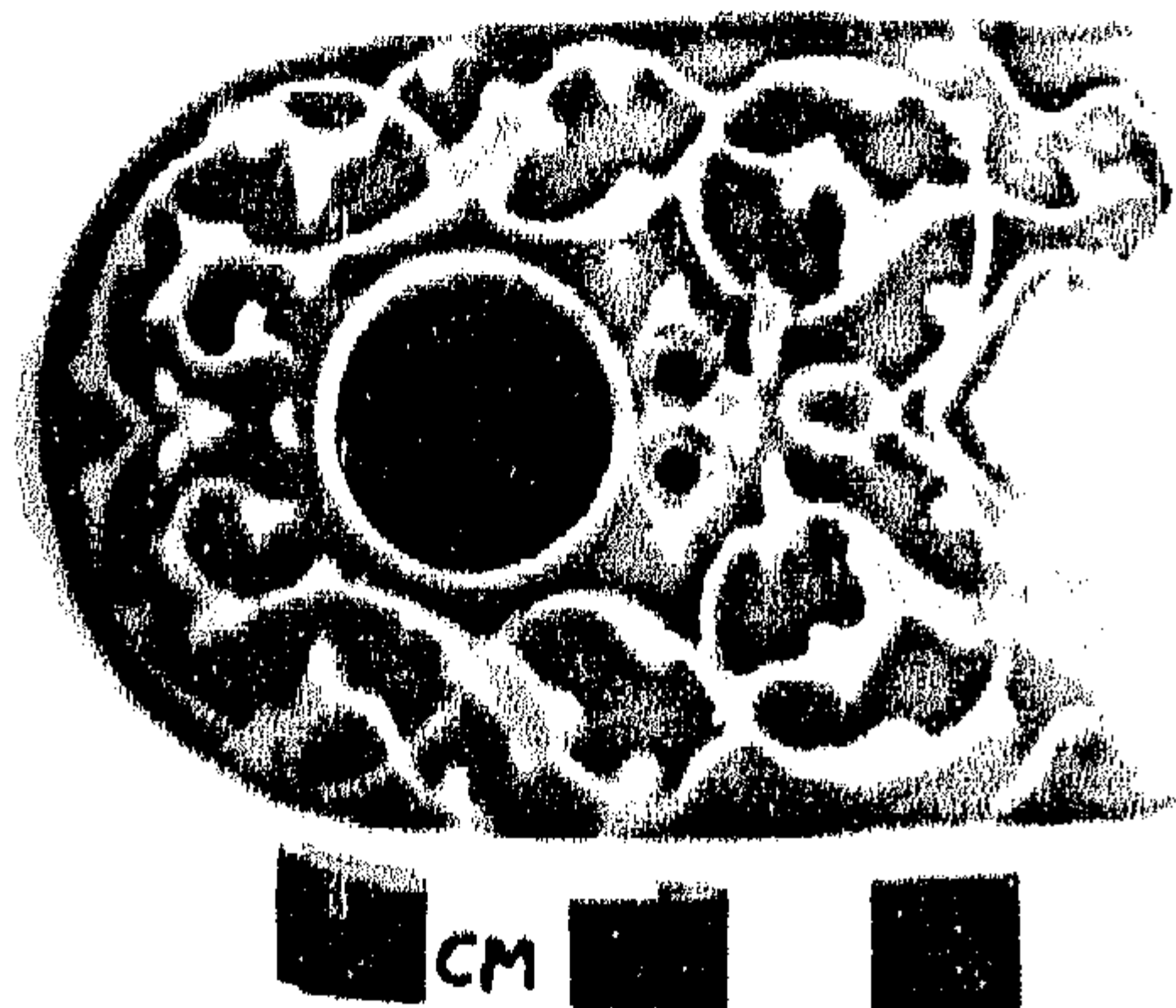




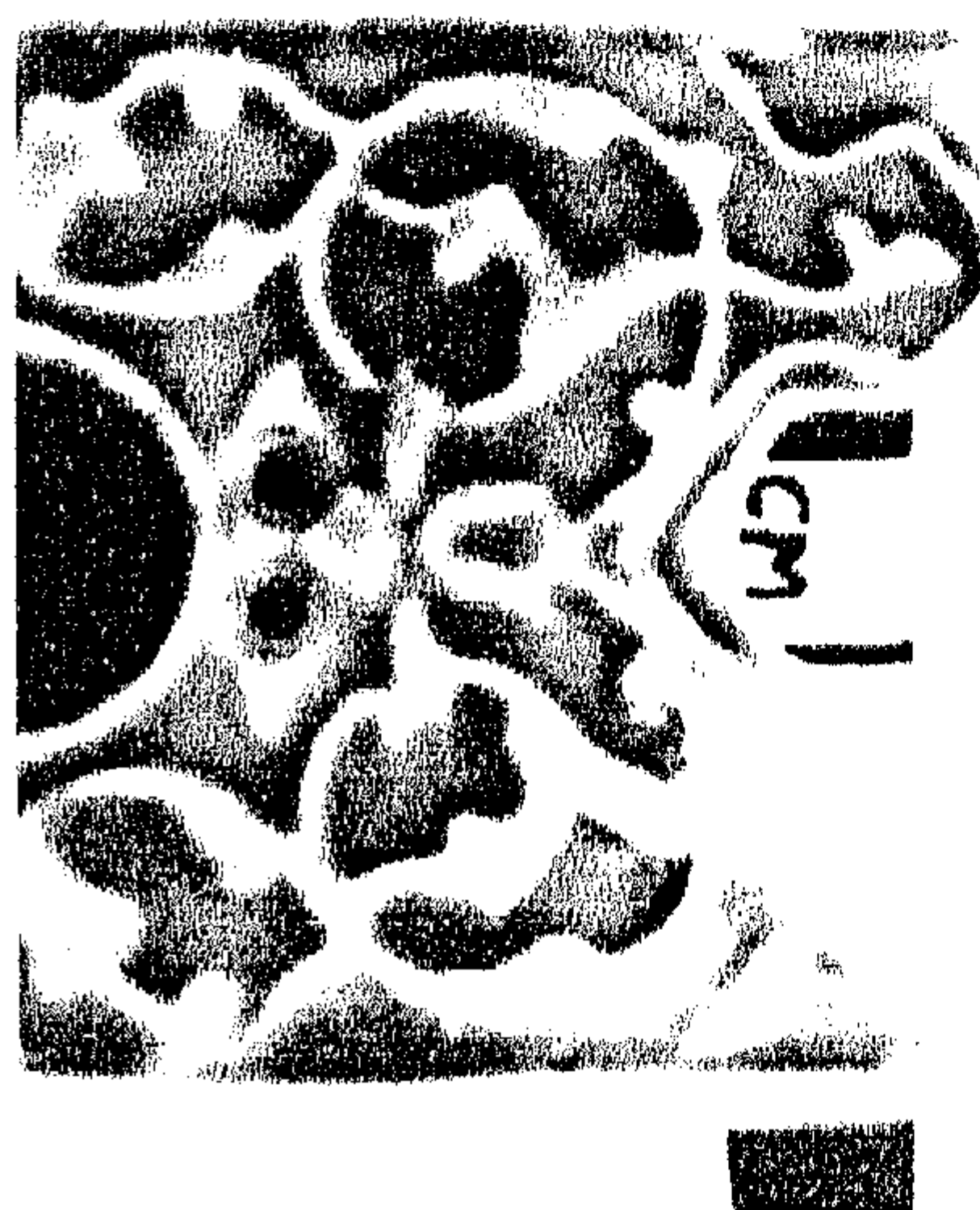
صورة (١٤٩) توضح القطعة رقم (١٩) بعد الانتهاء من تنظيفها.



صورة (١٤٨) توضح الحالة التي وجدت عليها القطعة رقم (١٩) قبل ترميمها.



صورة (١٥١) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٩) بعد الانتهاء من عمليات العلاج .



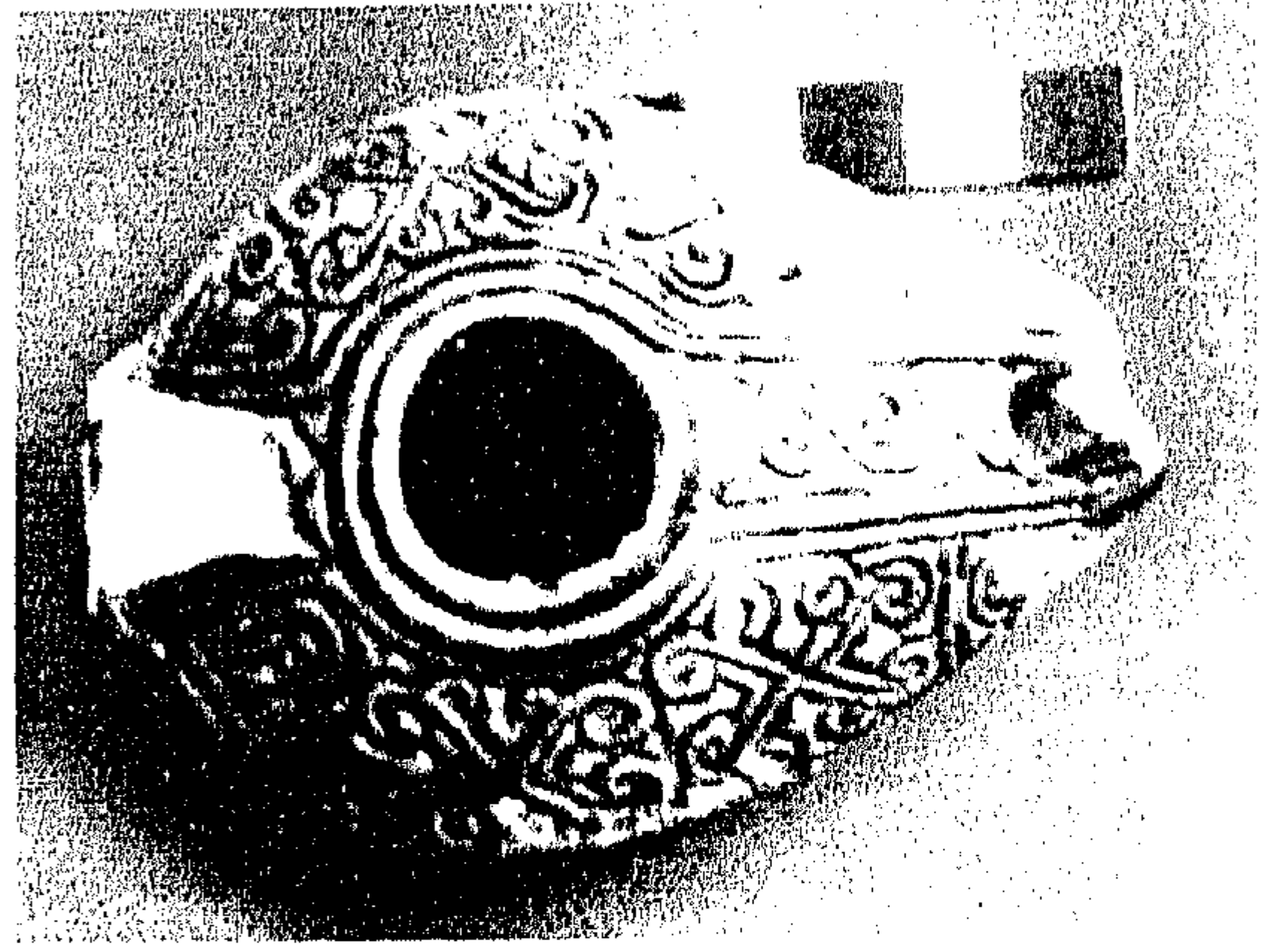
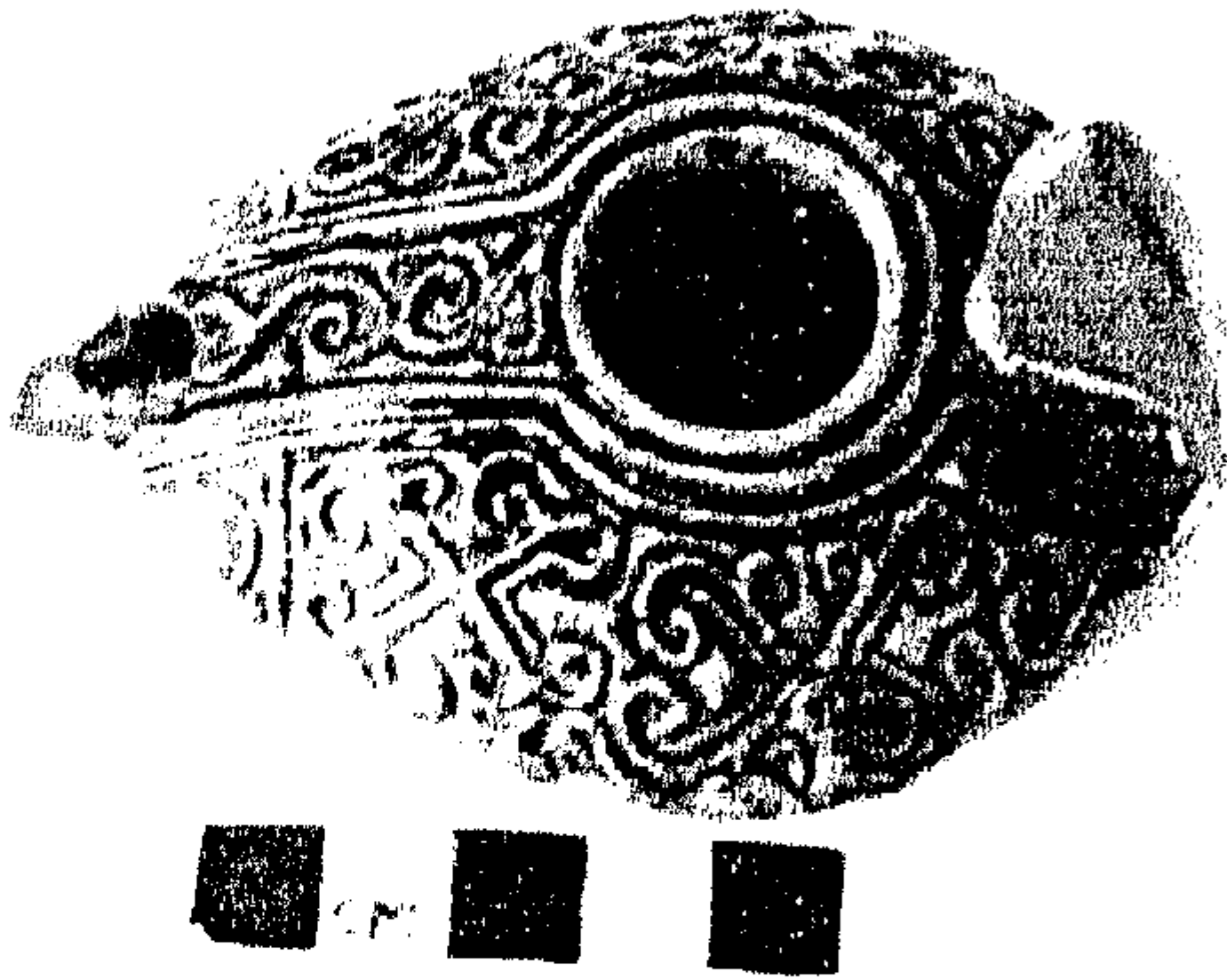
صورة (١٥٠) توضح الجزء الناقص في القطعة رقم (١٩) بعد استكمالها بواسطة مسحوق كربونات الكالسيوم مع محلول البارالويد ب ٧٢ - ٥٠ % .



صورة (١٥٢) توضح تراكم الإرساخات على القطعة رقم (٢٠) بالإضافة إلى فقد المقبض ومقدمة فتحة المشعل .







صورة (١٥٣) توضح القطعة رقم (٢٠) بعد صورة (١٥٤) توضح استكمال المقبض ومقدمة فتحة

المنشعل للقطعة رقم (٢٠) .

الانتهاء من عملية التنظيف .



صورة (١٥٥) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢٠) بعد الانتهاء من

عمليات العلاج المختلفة .



صورة (١٥٦) توضح كمية الاتساخات المتراكمة على القطعة رقم (٢١) بالإضافة

إلى فقد مقدمة المنشعل .

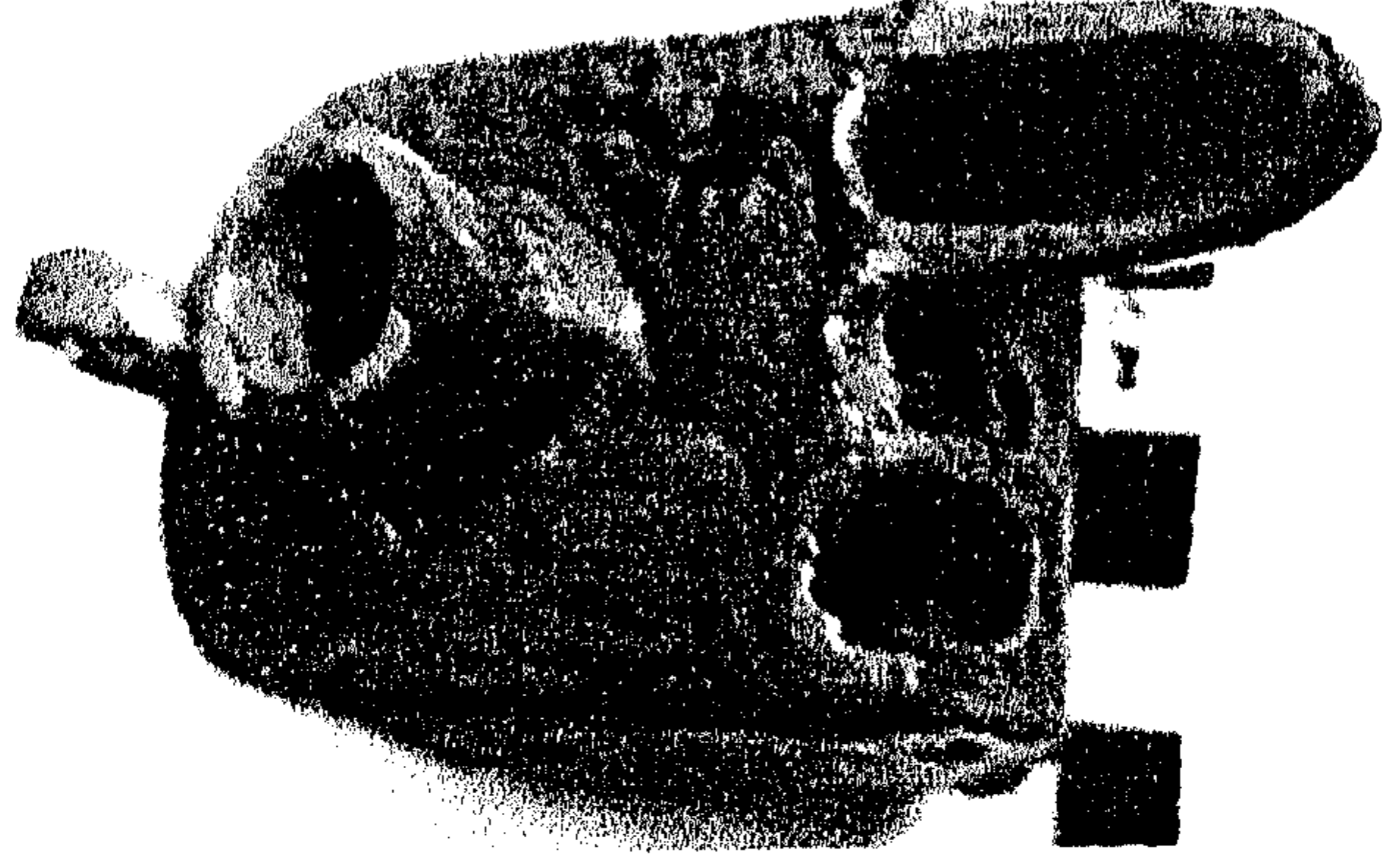


وقد استخدم محلول الكالجون فى تنظيف هذه البقع الصعبة، وتوضح الصورة رقم (١٥٧) النتيجة الجيدة التى أعطتها محلول الكالجون ، وبعد التنظيف تم استكمال الجزء المفقود من المشعل وذلك بالاستدلال بالمشعل الموجود وقد استخدم خليط مسحوق الفخار، محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% ، مع عمل قالب من شرائح الشمع الطبى وتوضح الصورة (١٥٨) القطعة بعد استكمال الجزء المفقود من المشعل، وبعد ذلك تم إعادة تلوين الجزء المستكمل باستخدام ألوان الاكريليك وتوضح الصورة (١٥٩) الشكل النهائى للقطعة بعد إتمام عمليات الترميم المختلفة .

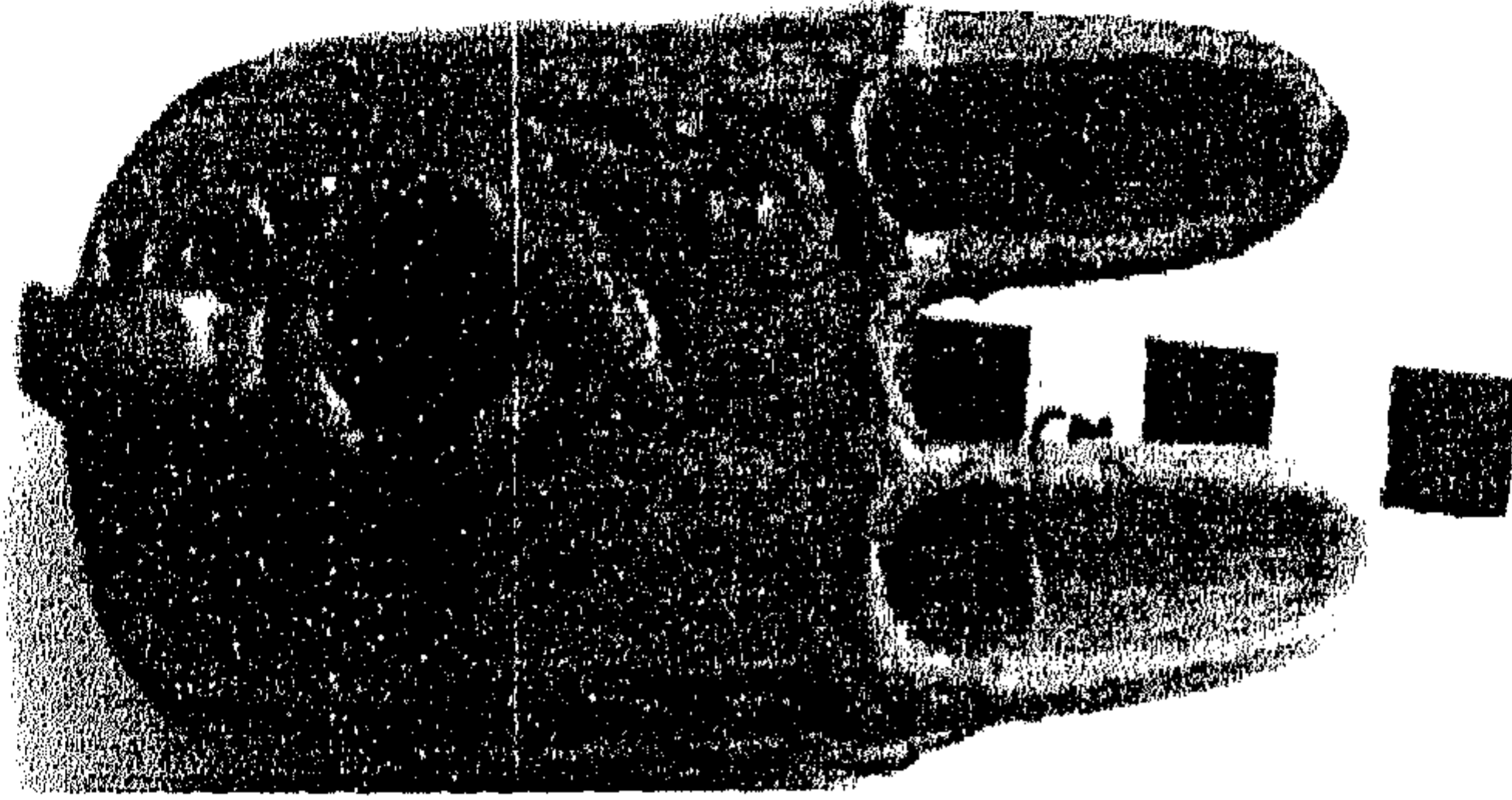
- القطعة رقم (٢٤): تبين الصورة رقم (١٦٠) أن هذه القطعة بها فقد فى منطقة المشعل وتراكم الاتساخات داخل القطعة بالإضافة إلى تساقط بعض الأجزاء من طبقة التزجيج .

وقد تم تنظيف هذه القطعة بالقطن والماء لإزالة العوالق الداخلية والخارجية، وبعد ذلك تم الاستكمال للجزء المفقود بواسطة عجينة مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٥٠% ، وتوضح الصورتين (١٦١) و(١٦٢) القطعة بعد تنظيفها واستكمالها، أما إعادة التلوين فتمت أيضا بواسطة ألوان الاكريليك، وتوضح الصورة رقم (١٦٣) الشكل النهائى للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة.

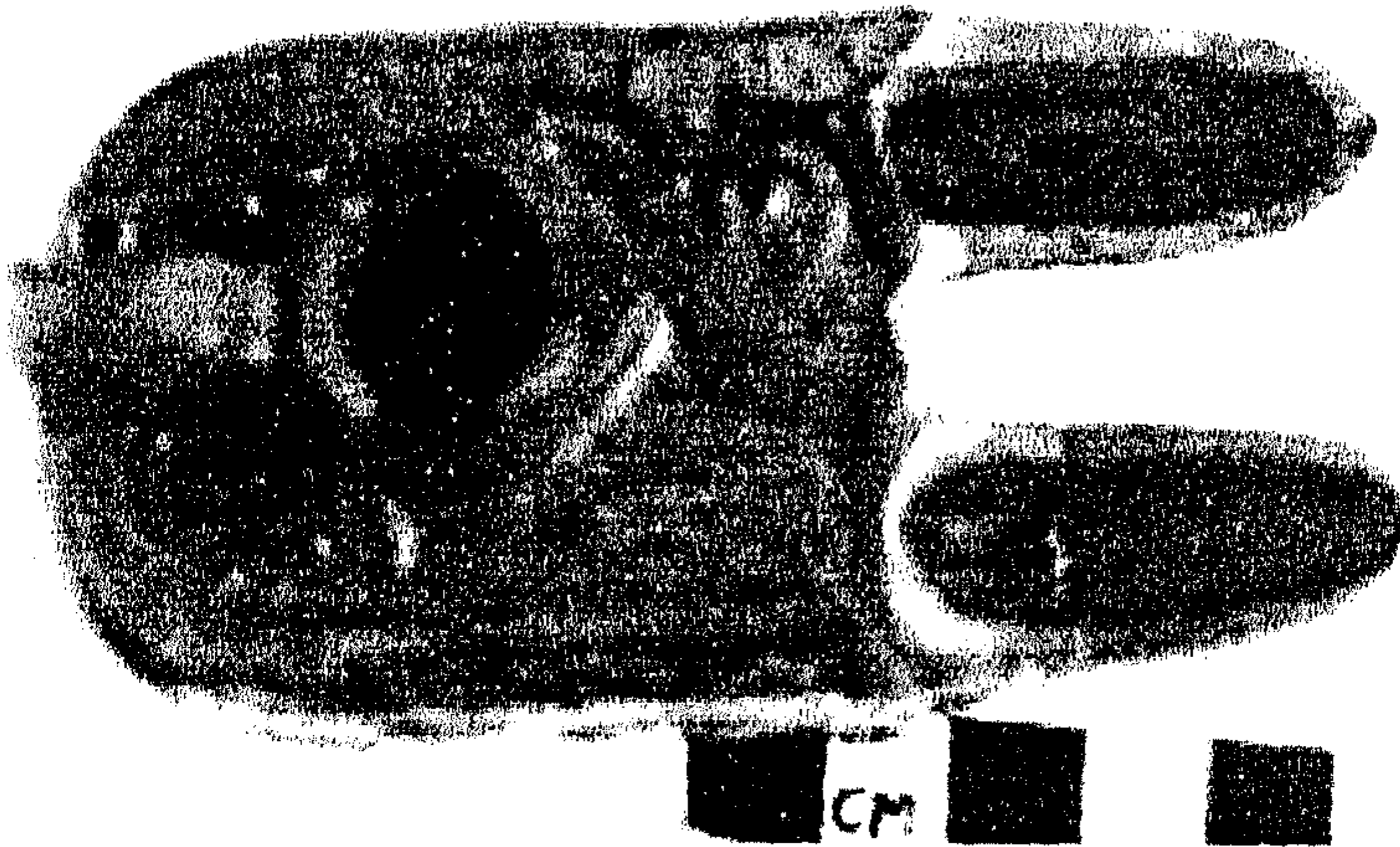




صورة (١٥٧) توضح القطعة رقم (٢١) بعد الانتهاء من تنظيفها.



صورة (١٥٨) توضح القطعة رقم (٢١) بعد استكمال المشعل المفقود .



صورة (١٥٩) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢١)

بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .

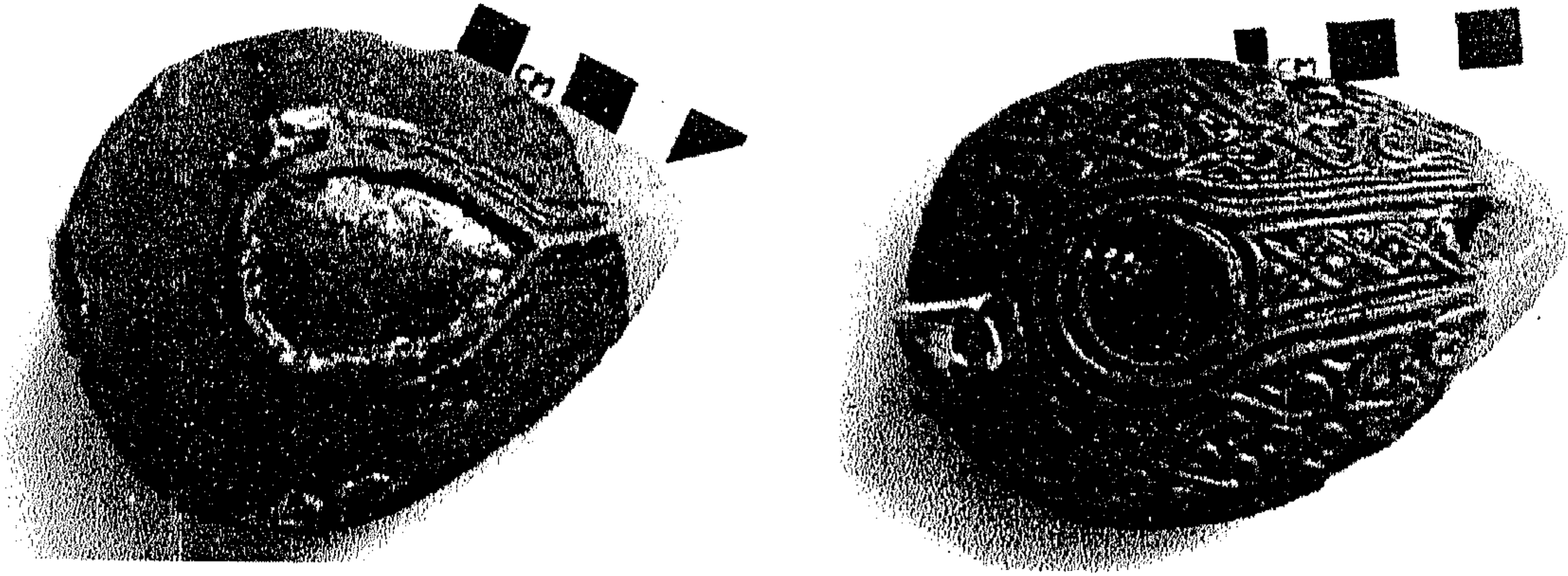






صورة (١٦٠) توضح فقدان جزء من مقدمة القطعة

رقم (٢٤) مع تراكم اتساخات داخلها وخارجها.



الصورتان (١٦١-١٦٢) توضح القطعة رقم (٢٤) بعد إتمام تنظيفها.



صورة (١٦٣) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢٤) بعد إتمام عمليات الترسيم المختلفة.





## مناقشة النتائج المستخلصة من الرسالة

### Discussion of Obtained Results

بعد الانتهاء من فصول الرسالة المختلفة تم التوصل إلى العديد من النتائج وفيما يلي مناقشة لهذه النتائج :

- فيما يتعلق بخامات وتقنية أدوات الإضاءة الخزفية فقد تم التوصل إلى النتائج الآتية
  - لقد استخدم طفلات الأواني الأرضية earthen ware التي تتميز باللون الأحمر ، و في بعض الأحيان استخدمت الطفلات الجيرية .
  - لم يستخدم الخزاف الطفلة دون إضافات حيث اتضح ارتفاع نسبة السيليكا في أدوات الإضاءة حيث وصلت نسبة السيليكا في بعض العينات إلى حوالي ٨٠% مثل العينة رقم (٦) و (١٢) من القسطاط ، ونتج عن ذلك عدم التعرض للشروخ وكذلك حماية أدوات الإضاءة من تأثير الصدمة الحرارية عند الاستخدام .
  - تم استخدام التزجيجات الرصاصية بصفة أساسية مع أدوات الإضاءة الخزفية حيث نلاحظ ارتفاع نسبة الرصاص في التزجيج فقد وصلت نسبة الرصاص في بعض العينات حيث وصلت نسبته ٦٨% في بعض العينات التي تم تحليلها وفي نماذج أخرى استخدم المواد القلوية مثل الصوديوم والبوتاسيوم .
  - حرص الخزاف قديماً على أن تكون ألوان تزيجج أدوات الإضاءة متفاوتة بين الأخضر إلى الزيتوني أو التركوازي وفي بعض الأحيان الأصفر أو البني ، وتم الحصول على هذه الدرجات اللونية باستخدام أكاسيد الحديد والنحاس معاً في معظم العينات التي تم تحليلها وذلك بنسب متفاوتة وفي ظروف حرق مختلفة .
  - اهتم الخزاف المسلم بتغطية المسارج من الداخل بالتزجيج وذلك حتى تحفظ محتواها من الزيت ، ولم يهتم اهتماماً كبيراً بأن يغطي التزجيج كل السطح الخارجي .
  - استخدم الخزاف قديماً طريقة العجلة " الدولاب" في تشكيل المسارج ذات البدن الكروي والمسارج الأسطوانية، أما المسارج اللوزية وذات البدن على شكل صندوق فقد استخدم القالب في تشكيلها .



## • وفيما يتعلق بخواص الخزف

- يعد استخدام إضافات ذات سطح خشن وزوايا حادة ومختلفة الحجم يزيد من قوة القطع على العكس عند استخدام إضافات كروية أو ناعمة السطح .
- وتعتبر مركبات الحديد من العوامل الهامة والمحددة للون أدوات الإضاءة الخزفية حيث يختلف اللون طبقاً لنسبة مركبات الحديد في الطفلة .
- عند تشكيل القطع تم استبعاد وجود زوايا لأنها تؤدي إلى حدوث ضغوط وللتوصيل الحراري أهمية كبيرة في أدوات الإضاءة وذلك لسهولة مرور الحرارة خلال البدن لذلك كان الاهتمام بزيادة مسامية أدوات الإضاءة .
- يلاحظ التجانس في سمك جدران أدوات الإضاءة حتى لا تتعرض لضغوط .

## • أما بالنسبة لعوامل ومظاهر التلف التي تعرضت لها أدوات الإضاءة الخزفية فهي:

- العوامل التي تتعلق بعملية الصناعة حيث ان لبعض المواد معامل تمدد حراري مرتفع والذي يؤدي بدوره إلى العديد من مظاهر التلف .
- عدم التجانس في المواد المكونة للبدن والتزجيج الذي يؤدي إلى تساقط أجزاء من طبقة التزجيج .
- لقد لعب الاستخدام دوراً هاماً في تلف أدوات الإضاءة نتيجة دورات التسخين اليومية وكذلك استخدام الزيوت و اشعالها وما ينتج عنها من كربون وبقع تشوه المسارج .
- وقد أثر الدفن في التربة على المسارج وذلك بفقدان بعض الأجزاء الضعيفة مثل المقابض أو المشاعل أو بعض الأجزاء من الحواف .
- كان للتربة دوراً كبيراً في ضعف وتآكل المسارج أثناء دفنها وذلك حسب نوعية التربة وما تحتويه من المواد القلوية أو الحموضة أو الأملاح .

## • وفيما يتعلق بالكشف عن أدوات الإضاءة فإن التعريض لبيئة مختلفة دوراً هاماً في تلف المسارج .

- كان للترميم الخاطئ دوراً كبيراً في تشويه بعض المسارج حيث استخدمت عدة مواد للاستكمال مثل الجبس والبيتومين بالإضافة إلى استخدام أسلاك معدنية .



- وتنوعت مظاهر التلف التي ظهرت بالمسارج حيث يلاحظ الشروخ فى طبقة التزجيج وذلك يرجع إلى ارتفاع نسبة معامل التمدد الحرارى وقد امتلئت هذه الشروخ بالكربون الناتج عن الاستخدام .

- ظهور الحفر فى بعض المسارج نتيجة ارتفاع نسب المواد المصهرة مع حرق التزجيج عند درجة حرارة مرتفعة .

#### • وفيما يتعلق بعلاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية

- لقد وجد أن التنظيف الميكانيكى يحتاج فى بعض الأحيان إلى بعض المحاليل مثل الماء لتطرية العوالق . وهذه الطريقة تعد أكثر فاعلية وأماناً من استخدام طريقة التنظيف بالموجات فوق الصوتية لما قد تسببه من تساقط لطبقات التزجيج الضعيفة .

- ولا يفضل استخدام المواد القلوية أو الحامضية نظراً لتأثيرها الضار على كل من البدن والتزجيج .

- وفيما يخص مواد التقوية فقد وجد أن استخدام مجموعة الإكريليك مثل البارالويد ب ٧٢ فى التقوية ويفضل أن يذاب فى الزابلين أو خليط من الزابلين والأسيتون بنسبة ٣ : ١ .

- ولا يفضل استخدام مركبات السليكون فى التقوية وذلك لأنها تناسب الظروف الرطبة وهذا لا يتوفر فى حالة أدوات الإضاءة الموجودة بالمتحف .

- أفضل الطرق لتقوية الشروخ هى الحقن ويمكن أن تستخدم الفرشاة فى بعض الحالات الباقية .

- وجد أن أفضل مواد الاستكمال يكون من البولى فيلا أو خليط من مسحوق الفخار مع محلول بارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% . أما أفضل المواد المستخدمة لإعادة التلوين فهى الألوان الاكريليك .

#### • وفيما يتعلق بطرق الفحص والتحليل المستخدمة مع أدوات الإضاءة الخزفية فقد تم التوصل إلى النتائج الآتية :

- فيما يخص الميكروسكوب المستقطب :

- من خلال الفحص الميكروسكوبى لم يتم ملاحظة أي بطنانات على بدن المسارج .



- تم ملاحظة نسب عالية من الكوارتز والذي تميز بزوايا حادة وبأحجام متفاوتة نتيجة عملية الطحن الجيد أثناء عملية التجهيز .
- وفيما يخص التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية :
- فقد وجد ارتفاع نسبة الكوارتز في معظم عينات الفسفاط وعينات مجموعة المتحف حيث تراوحت نسبته من ٥٥% إلى ٨٠% وهي تعتبر نسبة مرتفعة .
- من خلال التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية يمكن أن نشير إلي ان بعض العينات التي حرقت عند مدي حراري معين وذلك تبعاً للأنماط المعدنية التي تم التعرف . فقد ظهر في العينة رقم (١) من الفسفاط التريديميت والجهلينييت والسبينيل الذي يظهر عند ٩٠٠ م° ولذلك يمكن أن نقرر أن درجة حرارة حرقها تتراوح بين ٨٥٠-٩٥٠ م°.
- عينة (٢) من الفسفاط تم حرقها بين ٨٥٠-٩٥٠ م° أيضا لوجود السبينيل والجهلينييت .
- عينة (٣) من الفسفاط يلاحظ وجود الكريستوباليت بها و الذي يتطلب درجة حرارة مرتفعة تتراوح بين ١٢٧٠ - ١٤٧٠ م° وبالتالي يكون موجود بصورة طبيعية.
- عينة (٤) يوجد بها نسبة منخفضة من الكالسيت وهذا يدل أنه ربما بدأ في الاختفاء وأن الحرق قد يكون تم عند حوالي ٨٥٠ م° .
- عينة (٥) يلاحظ وجود السبينيل والجهلينييت الذي لا يظهر إلا بعد ٨٥٠ م° أما وجود الكالسيت فقد يكون أجزاء لم تحترق كليةً .
- عينة (٦) يلاحظ بها ارتفاع نسبة كلوريد الصوديوم وهذا يدل أن القطعة كانت مدفونة في تربة غنية بهذا الملح أما وجود الكالسيت فقد يكون أجزاء لم تحترق كليةً.
- تم التعرف في بعض العينات علي الولاستونيت و الذي قد يظهر عند ٨٥٠ م° وذلك لوجود بعض المواد القلوية التي يحتويها الأورثوكليز ويظهر ذلك في العينة (٩).
- أما العينة (١١) فيلاحظ وجود الهيماتيت وتتميز باللون الأحمر ويتفق ذلك مع نتائج الفحص بالميكروسكوب المستقطب .
- أما كل من العينات (١٢) ، (١٣) ، (١٤) فقد حرقت بين ٨٠٠-٩٠٠ م° نظرا لوجود البلوستيت والتريديميت والسبينيل





- وجود الموليت في العينة (٣) من مجموعة المتحف ساعد على ظهوره ارتفاع نسبة المواد القلوية وقد تم الحرق بين ٨٥٠ - ٩٥٠ °م .
- أما عينة (١٠) من مجموعة المتحف فيوجد بها الدايبسيد و الذي قد يظهر عند حوالي ٨٥٠ °م وبالتالي فإن الحرق ربما تم بين ٨٥٠ - ٩٠٠ °م .
- وجود فوسفات الحديد في عينة (١٢) من مجموعة المتحف يدل على استخدام مسحوق العظم Bone Ash مع المواد الخام .
- تم استخدام الجبس في الاستكمال للقطعة رقم (٥) من مجموعة المتحف ويلاحظ أنه في حالة ضعف قد يكون نتيجة خطأ اثناء التحضير .
- وفيما يتعلق بالميكروسكوب الالكتروني الماسح :
- قد اتفقت نتائج الفحص بالميكروسكوب المستقطب مع الفحص بـ SEM لبدن العينة رقم (٧) من الفسطاط حيث ظهر كبر حجم حبيبات الكوارتز والذي يتميز بالزوايا الحادة نتيجة عملية الطحن .
- واتفقت نتائج الفحص بـ SEM مع XRD في كل من العينات (١١) ، (١٤) من الفسطاط حيث ظهر ارتفاع نسبة الكوارتز .
- أفادت طريقة التحليل بـ EDX-SEM في التعرف على مكونات التزجيج حيث ثبت أن أكسيد الرصاص استخدم كمادة مصهرة ، واستخدام أكاسيد الحديد و النحاس للحصول على درجات اللون الأخضر والزيتوني والتركوازي ، فقد وصلت نسبة الحديد في بعض العينات إلى ١٢% كما في العينة رقم (١١) من الفسطاط وفي مجموعة المتحف تراوحت نسبة الحديد بين ١,٥% و ٥,٣% . أما النحاس فقد وصل إلى ٧,٩% كما في العينة رقم (٤) من مجموعة المتحف وذلك باختلاف نسب كل منهما .
- ولم يستخدم أكسيد القصدير في مكونات التزجيج لذلك ظهر في بعض العينات لمعان مثل القطعة (٢٠) من مجموعة المتحف .
- وبالنسبة لاستخدام SEM في دراسة مواد التنظيف فقد استخدم لفحص عينات تم تنظيفها باستخدام الكالجون ٣% في الماء لمدة تراوحت بين ١٠ دقائق و ٢٠ دقيقة وكانت النتيجة أنها لم تؤثر على النسيج الداخلي للخزف.



- وبالنسبة لدراسة فاعلية مواد التقوية المستخدمة و هي البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣% ،  
٥% في خليط من الزايلين والأسيتون بنسبة ١:٣ علي الترتيب ، والأديكون مع الزيلين  
بنسبة ١ : ١ والإيثيل سيليكات بالإضافة إلى البولي فينيل بيوتريال ، وقد ثبت أن أفضل  
المحاليل المستخدمة في التقوية هو محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% والمذاب في  
خليط من الزايلين والأسيتون ٣ : ١ .

• وفيما يتعلق بالجانب التطبيقي على المسارج المختارة فقد تم التوصل إلى النتائج الآتية :

- عند استخدام الطرق الميكانيكية في التنظيف مصحوباً بالتطرية ببعض المحاليل مثل  
الماء يعطي نتائج إيجابية في حين أن استخدام الكحول المثلي يعطي نتائج جيدة عند  
تنظيف بقع الزيوت السطحية ، ويعد استخدام الكالجون مفيداً في إزالة البقع الصعبة  
المتداخلة في البدن .

- تم اللجوء إلى التقوية المبدئية قبل عملية التنظيف وذلك باستخدام محلول البارالويد ب  
٧٢ بتركيز ٥% .

- وفيما يتعلق بالاستكمال فيعتبر خليط مسحوق الفخار الحديث مع محلول البارالويد  
ب ٧٢ بتركيز ٥٠% مادة مناسبة جداً لاستكمال أدوات الإضاءة الخزفية .

- أما بالنسبة للمواد الملونة فإنه تم استخدام ألوان الاكريليك وتم مضاهاة التزجيج باستخدام  
طبقة رقيقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% .



## التوصيات Recommendations

- ١- يجب تسجيل المسارج الخزفية تسجيلاً كاملاً وكذلك تصنيفها تبعاً للشكل والعصر الذى صنعت فيه .
- ٢- يوصى بتسجيل أعمال الترميم التى تتم للمسارج وكذلك تسجيل المواد المستخدمة وحالة القطعة قبل الترميم .
- ٣- لابد من المتابعة الدورية لأدوات الإضاءة الخزفية بالمتاحف وذلك للكشف عن عوامل التلف التى قد تتعرض لها المسارج .
- ٤- أن يقوم بأعمال الترميم المتخصصين وأشخاص ذوي مهارة وخبرة فى عمليات الترميم.
- ٥- فى حالة القطع الضعيفة ينصح بتقوية القطعة قبل تنظيفها باستخدام محلول البارالويد ب٧٢ بنسبة ٥% ، و يفضل استخدام خليط من الزايلين والأسيتون بنسبة ( ٣:١ ) .
- ٦- يجب عدم الإفراط فى استخدام المواد الكيميائية الحامضية أو القلوية فى التنظيف.
- ٧- ينصح باستخدام محلول الكالجون فى حالة إزالة البقع الصعبة فقط التى قد توجد فى أدوات الإضاءة وذلك بتركيز لا يزيد عن ٣% فى الماء .
- ٨- ينصح باستخدام الكحولى المثلئى فى إزالة البقع الزيتية التى توجد على أدوات الإضاءة الخزفية .
- ٩- يجب عدم استخدام التنظيف بالموجات فوق الصوتية فى حالة المسارج التى تعاني من ضعف أو تساقط لطبقات التزجيج، ولا يتم استخدام هذه الطريقة مع القطعة الكاملة وإنما تستخدم مع الكسر فقط
- ١٠- يجب استخدام خليط من مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ ٥٠% لإجراء عمليات الاستكمال ، حيث أن هذا الخليط يتميز بخواصه التى تماثل خواص أدوات الإضاءة الخزفية ، ولا ينصح باستخدام مادة الجبس فى الاستكمال نظراً لما يسببه من مشاكل خاصة فى الظروف الرطبة ، ولا يفضل استخدام الالاديت فى الاستكمال .



- ١١- يجب استخدام ألوان الاكريليك فى إعادة تلوين الأجزاء المستكملة فقط نظرا لسهولة إزالتها فيما بعد، ويتم تطبيق محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لمضاهاة لمعان طبقة التزجيج علي الأجزاء المستكملة .
- ١٢- لا يتم استكمال بدون دليل أو نقاط ارشادية تساعد على الاستكمال .
- ١٣- يجب الحذر عند تناول أو نقل أدوات الإضاءة وأن تتخذ التدابير اللازمة لحمايتها من السقوط أو التهشم .
- ١٤- يحظر الإفراط فى تحليل عينات من القطع المكتملة إلا للتأكد من نتيجة ومعيونة ويفضل استخدام الطرق غير المتلفة Non-destructive methods في تحليل العينات الأثرية.
- ١٥- يوصى بعمل نماذج مقلدة لأدوات الإضاءة وأن توضع فى قاعات منفصلة بالمتاحف وذلك لإشباع فضول الزائرين وخاصة من الأطفال أو إشباع رغبة المكفوفين في التعرف علي المقتنيات المتحفية .





المراجع



## قائمة المراجع

- ١- أحمد صلاح محمد عطية: دراسة علاج وصيانة المنشآت الأثرية المشعرة بالطوب الأحمر تطبيقاً على إحدى المنشآت الأثرية الرومانية بمنطقة تل الفرما بشمال سيناء رسالة ماجستير ، قسم الترميم - كلية الآثار - جامعة القاهرة - ٢٠٠٢ .
- ٢- أدامز فيليب : دليل تنظيم المتاحف ، ترجمة محمد حسن عبد الرحمن الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٣.
- ٣- السيد طه أبو سديرة : الحرف والصناعات في مصر الإسلامية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة، ١٩٩١ .
- ٤- الشيماء عبد الرحيم عبد الرحمن : دراسة تقنية وعلاج وصيانة الآثار الفخارية القبطية الملونة تطبيقاً على بعض النماذج الفخارية من المتحف القبطي ، رسالة ماجستير ، قسم الترميم ، كلية الآثار - جامعة القاهرة ، ٢٠٠٣.
- ٥- ثروت محمد حجازي : دراسة تطبيقية ميدانية لصيانة الآثار في مواقع الحفائر تطبيقاً على بعض الآثار المكتشفة بحفائر مقابر العمال جنوب شرق أبو الهول ، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار كلية الآثار - جامعة القاهرة ، ٢٠٠١.
- ٦- حسام الدين عبد الحميد محمود : المنهج العلمي لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمنسوجات الأثرية ، دار المعارف ، القاهرة ، ١٩٨٤.
- ٧- حسن الباشا : مدخل إلى الآثار الإسلامية . دار النهضة العربية ، القاهرة ، ١٩٧٩.
- ٨- ديماند م : الفنون الإسلامية ، دار المعارف ، القاهرة ، ١٩٥٨.
- ٩- رجب أبو الحسن محمد : دراسة علاج وصيانة الآثار المستخرجة من الحفائر تطبيقاً على منطقة حفائر تل حسن داوود عصر ما قبل الأسرات ، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠١.
- ١٠- زكى اسكندر وآخرون : الموسوعة الأثرية العالمية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة، ١٩٧٧ .
- ١١- على الأشرم: اللدائن وخواصها التكنولوجية ، دار الراتب الجامعية ، الاسكندرية ، ١٩٩٤ .



- ١٢- **عنايات المهدي** : فن إعداد وزخرفة الخزف، مكتبة بن سينا للنشر والتوزيع والتصدير. القاهرة ١٩٩٤ .
- ١٣- **فاطمة حلمي** : تطبيقات التكنولوجيا الحديثة في حقل الآثار ، محاضرات السنة التمهيدية للماجستير، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠١ .
- ١٤- **فاطمة صلاح مذكور** : دراسة تقنية وعلاج وصيانة البلاطات الخزفية الأثرية في مصر مع التطبيق العملي على بعض النماذج من العصر العثماني وعهد محمد علي . رسالة ماجستير . جامعة القاهرة . كلية الآثار . قسم الترميم ، ١٩٩٩ .
- ١٥- **فاطمة صلاح مذكور** : دراسة المواد و الطرق الحديثة المستخدمة في ترميم وصيانة الآثار الخزفية الإسلامية مع التطبيق العملي على بعض النماذج المختارة ، رسالة دكتوراه ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠٤ .
- ١٦- **فريد شافعي** : العمارة العربية في مصر الإسلامية ، المجلد الأول عصر الولاة ، القاهرة ، ١٩٧٠ .
- ١٧- **ماجد عبد الغفار موسى** : مقاومة الخرسانة للمياه الكبريتية والمياه تحت الأرضية ، رسالة ماجستير ، قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة الأزهر ، ١٩٨٨ .
- ١٨- **محمد بن صالح الخليفة وعبد العزيز عبد الرحمن الصالح** : المجاهر وتقنياتها ، كلية العلوم ، جامعة الملك سعود ، الرياض ، المملكة العربية السعودية ، ١٩٩٥ .
- ١٩- **محمد عبد الهادي محمد** : تشخيص الأملاح المتبلورة داخل تمثال أبو الهول بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح . ندوة جامعة القاهرة الرؤية العلمية للحفاظ على الآثار ، ١٩٩٠ .
- ٢٠- **محمد عبد الهادي وحسان عامر** : التنظيف الميكانيكي للحجر الرملي . الملتقى الثالث لجمعية الآثار بين العرب - الندوة العلمية الثانية ٢١-١٣ نوفمبر ٢٠٠٠ ، مطبعة جامعة القاهرة.
- ٢١- **محمد فهمي عبد الوهاب** : دراسات نظرية وعملية في حقل الفنون الأثرية وطرق ومواد الترميم الحديثة . دار الشعب ، القاهرة ، ١٩٧٤ .
- ٢٢- **محمد محمد مصطفى** : دراسة مقارنة لأنواع الفخار والسيراميك في مصر مع ترميم قطع فخار أثرية، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ١٩٩١ .



- ٢٣- مرفت عبد الهادى : المسارج الخزفية والفخارية من بداية العصر الإسلامى حتى نهاية العصر الفاطمى من خلال مجموعة متحف الفن الإسلامى بالقاهرة ، رسالة ماجستير ، قسم الآثار الإسلامية ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ١٩٩٨ .
- ٢٤- نجوى سيد عبد الرحيم : دراسة علمية لعلاج وصيانة المواد المصنعة المستخدمة فى تزيين المشغولات الأثرية فى مصر القديمة خلال الدولة الحديثة و العصر المتأخر ، رسالة دكتوراه ، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم الترميم ، ٢٠٠٣ .
- ٢٥- يسرى الجندى : الجغرافية المناخية ، مركز الإسكان للكتاب ، ١٩٩٣ .

- 26- Abd El Ghafour, N . G.; Ceramic properties of some types of Egyptian clay deposits and possibility of their modification , PHD , Building , Housing and planning Research center, Cairo, 1995.
- 27-Abd El Hady . M. M.; The structural damage of the building stones as effects of the physio-chemical factors,second international course on stone decay and conservation, Bari , Italy ,1995 ,PP.101-113.
- 28-Abd El-Hady, M. M. ;Acrylic Resins & Silicones as Monumental Stone Preservatives , in 2<sup>nd</sup> Arab Intern . Conf . on Materials Science , Egypt , 1990 .
- 29-Acton, L. & McAuley, P. ; Repairing Pottery and Porcelain , Herbert Press . , London , 1996.
- 30-Adams , W . y.;Ceramic Industries of Medieval Nubian, Part, The University Press of Kentucky, 1986.
- 31-Alessandrini, G. et al.; The cleaning of deteriorated stone minerals, in conservation of stone and other materials , edited by thiel, M.J., Vol.2, UNESCO, Paris , 1993.
- 32-Alessandrini, G. A. M. et al ;Composition and degradation of Brick and ornamental Terra Cotta of CA' Grada in Milan . part 1 the 17<sup>th</sup> century facing , in Fourth Euro – Ceramics , Vol 14 . The Cultural Ceramic Heritage , edites by Fabbri , B . gruppo editoriale Faenza editrice , Italy , 1995.
- 33-Al-Hassan , A.& Hill , D.R.; Islamic technology , An illustrated History , Unesco , 1986.
- 34-Allen , K.W. ; Adhesion and Adhesives – some Fundamentals in adhesives and consolidants , edited by Brommelle , N.S. et al , IIC . London , 1984.





- 35-**Amberg ,C. R. and Hartsook , J. ;** Effect of design factors on thermal – shock Resistance of Cooking ware ,J. Am . Ceram . Soc ., Bul , vol (25) No 11 , 1946.
- 36-**Arnold, D. E.:** Ceramic Theory and cultural Process , Cambridge University Press, 1999.
- 37-**Attas, M. et al ;**Variations of ceramic composition with time: test case using Lakonian pottery, Archaeometry 24 (2) 1982, PP.181-190
- 38-**Bailey, D .M. ;**Greek and Roman Pottery Lamps, British Museum Press , 1972.
- 39-**Barbody , E . M . et al ;** Effect of Shape on thermal fracture, in: J . Am. Ceram. Soc, vol (38) No 1, 1955.
- 40-**Barbosa , A. C. et al :** The use of Brazilian Bentonite for Cleaning Purposes , in conservation of stone and other materials , Thiel , M.J. vol. 2 , Paris , 1993.
- 41-**Beauchamp, E. k. ;**Mechanical Properties and Fracture, in: characterization of ceramics, by Loeh man , R & Fitzpatrick , L., Butter worth – Heinemann , London , 1993, PP.169-187.
- 42-**Bockhorst, R.& Beeks, M. and Keller, D. ;** Aqueous Cleaning Essentials , in Critical Cleaning , by Kanegsberg, B. and Kangsberg E. , CRC Press , USA . 2001.
- 43-**Bourriau , J . D., Nicholson, p. T. and Rose, P. R. ;** Pottery , In : ancient Egyptian materials and technology Nicholson,P.T., Cambridge press, London, 2000, PP . 121-147 .
- 44-**Bradley , S.;** Strength testing of adhesives and consolidants for conservation purposes , in adhesives and consolidants edited by , Brommelle, N.S. et al , IIC, London, 1984.
- 45-**Bronitsky , G . ;** Bridging the gap between Laboratory and field in Ceramic Theory , Archeo materials (1) , 1986.
- 46-**Brown, R. K.;** Inorganic glasses and glass–Ceramics, in: Characterization of ceramic, edited by Loehman, R. and Fitz Patrick, L. E. Butterworth– Heinewann, USA, 1993, PP. 103-117.
- 47-**Busnaina , A.A. ;** Surface Cleaning , Particle removal , in Critical Cleaning , by Kanegsberg ,B. & Kanegsberg , E. CRC Press , USA . 2001.
- 48-**Buys, S. & Oakley, V. ;** The conservation and Restoration of Ceramics , Butter Worth , Heinemann, ltd . Oxford , 1999 .
- 49-**Case, E . D. ;** Heat transfer Coefficient estimation from Thermal Shock Data , in 26<sup>th</sup> Annual on composites , advanced Ceramics ,



- Materials and structure by Lin , H.& Sing , M. Florida , 2002 , PP. 149 -160.
- 50-Charola , A. E. , et al ; The influence of relative humidity in The Polymerization of Methyl Trimethoxy silane , in Adhesives and Consolidants , by Brommelle , N. S et al , Paris , 1984.
- 51-Charola , E. A. ; Salts in The deterioration of Porous Materials, in: JAIC 39 (2000).
- 52-Clifton , J. R.; Laboratory evaluation of stone consolidants , in Adhesives and Consolidates , edited by Brommelle , N. et al , Paris , 1984.
- 53-Clifton, J. R. & Frohnsdorff, G.J.C. ;Stone Consolidating materials Astatus Report ,in :conservation of Historic Stone buildings and monuments--National Academy press washington D.C., 1982.
- 54- Coble , R. L . and Kingery W.D. ; Effect of porosity on thermal stress fracture , J . Am . Ceram . Soc . vol (38) No 1 , 1955 .
- 55-Colomban P. et al ; Microstructure , composition and processing of the 15<sup>th</sup> century Vietnames porcelains and celadon , Journal of culture heritage , Vol. 4(3) 2003 .
- 56-Cooper, A. R. ; Quantitative Theory cracking and warping during the drying of clay bodies , in , Ceramic processing before firing , edited by Onoda , G. Y. & Hench , L. John Wiley and Sons , New York , 1978 .
- 57-Crandall, W. B. and Ging , J. ; Thermal shock Analysis of Spherical Shapes , in : J. Am . ceram . Soc . vol (39) 1955 , No . 1.
- 58-Cronyn , J.M. ; The elements of archaeological conservation Routledge , New York , USA , 1996.
- 59- Cuff, Y. H. ; Ceramic Technology for Potters and Sculptors , University of Pennsylvania Press , USA , 1996.
- 60- Daly , G . ;Glazes and glazing techniques , London , 1995.
- 61-Davison , S. ; A review of Adhesives and Consolidants used on glass Antiquities , in Adhesive and Consolidants , edited by , Brommelle , N . S. et al, IIC , Paris , 1984.
- 62-Davison, S.; Conservation of submerged Artifacts Course INA, Alex. Egypt, 1999, P. 39.
- 63-DeGuechen,G.; Object interred,object disinterred in: conservation on archaeological excavations , edited by Price , N. S. ICCROM , Rome , 1984 , PP . 21 –28.



- 64-**EL Sheltawy , H.M.** ; Archacological Geology of ancient ceramic  
MSC thesis Geology dept. Faculty of science , Cairo university  
Cairo , Egypt , 1994 .
- 65-**Elston, M.**; Technical &Aesthetic Consideration in The  
Conservation of ancient Ceramic & Terracotta Objects in The J.  
Paul Getty Museum , Five case studies in conservation, Vol. 35 ,  
No.2 , 1990.
- 66-**Fabbri, B. S. et al** ; Archaeometric investigation of Sgraffito  
Ceramic Tiles Recovered from Excavation in Udine,  
Archaeometry ,vol. 42 (2) 2000, PP.317-324.
- 67-**Fehervari, G.** ;Early Islamic Pottery , Kuwait, 1995.
- 68-**Feilden, B. M.**; The Principles of Conservation, in: Conservation  
of Historic Stone buildings and monuments , National a Academy  
Press , Washington , D.C. , 1982.
- 69-**Fisher, P.** ;The Sophilos vase . in : the art of conservator by Oddy  
, A. Smithsonian Institution press , Washington, 1992.
- 70-**Ford,W.F.**; 4-The effect of heat on Ceramics, Institute of  
Ceramic,text series, Maclaren& sons, LTD ,London ,1976 .
- 71-**Franklin, U. M. & Vitali ,V.** ; The environmental Stability of  
ancient Ceramics, Archaeometry . 27 ( 1) 1985.
- 72-**Fraser, H.** ; Ceramic Faults and their remedies , A&C Black ,  
London , 1986 .
- 73-**Friedman , R. F.** ; Predynastic Settlement Ceramics of upper  
Egypt , Unversity of Califarnia at Berkeley , USA , 1994 .
- 74-**Garrison, E. G.**; Techniques in Archaeological Geology,  
Springer, Germany, 2003.
- 75-**Gedy, I.** ; Pottery and glass in the conservation of Cultural  
property , Rome , Italy , UNESCO Press , 1968.
- 76-**Riad , Gh.H.** ; Flow properties of raw glaze Suspensions , PHD ,  
Faculty of Enginering , Cairo Unversity , 2001.
- 77- **Gibson , B.M.**; Methods of removing white and black deposits ,  
studies in conservation , 1971.
- 78-**Glass,S.J.& Tandon,R.**;Ceramic Composites, in: characterization  
of Ceramics, edited by Loehman, R. & Fitzpatrick L.E., Butter  
worth-Heinemann, London,1993, PP.182-209 .
- 79-**Goffer , Z.**; Archaeological Chemistry , John Wiley & sons  
U.S.A , 1980 .
- 80-**Grim, R.** ;Applied clay mineralogy , M.C Graw – Hill Book  
Company , London , 1982.





- 81-**Grimshaw . R. W.** ; The chemistry and physics of clays and other ceramic materials , 4<sup>th</sup> ed., : John Wiley & Sons, New York , 1971.
- 82-**Hamer , F .** ; The Potter's dictionary of Materials and technique , Watson – Guptill Publication , New York , 1986 .
- 83-**Hamilton, D.** ; Architectural ceramics, Thamos&Hudson , 1978
- 84-**Hamilton, D.H.L.**;Methods of Conserving Archaeological materials Culture , Conservation of archaeological resources , USA , 1994.
- 85-**Hedges , R . E. M. & Kaczmarczy , K.**; Ancient Egyptian Faience, England, 1983.
- 86-**Henderson, J.**; The science and archaeology of Materials, Routledge, London, 2000.
- 87-**Hiemann, R. B. & Maggetti, M.**; Experiments on Simulated Burials of Calcareous terra Sigillata (Mineralogical change) Preliminary results , in British Museum Occasional Paper No. 19 " Scientific Studies in Ancient Ceramics " by Huges , M . J . 1981 , PP . 163-177 .
- 88-**Hodges,H .** ; Artifacts,London,1964.
- 89-**Honey borne, D. B.**; Weathering and decay of masonry in conservation of Building and decorative stone edited by , Ashurst , J. and Dimes, F.,Butter Worth Heinemann, London , 1998, P.153 .
- 90-**Horie , C.V.** ; Materials for Conservation , Butter Worth London , 1987 .
- 91- [http: // www. Consemp. Com/catalog/c.html # enzymes.](http://www.Consemp.Com/catalog/c.html#enzymes)
- 92-**Ibrahim, M., M.& Sadek, H.**; Features of the physical deteriortion of the Islamic ceramics from Egypt a case study in 2nd conference of Middle Egypt in Fayoum ,2002.
- 93- **Kanegsberg , B.**;Overview of Cleaning agent, in: Critical Cleaning by Kanegsberg,B. and Kanegsberg , E., CRC Press,USA, 2001.
- 94- **Kawatoko , M.**; Oil Lamps from Al Fustat, Orient , Vol. XXIII, 1987 .
- 95- **Kenny, J. B.**; The Complete Book of pottery making , 2<sup>nd</sup> edition , Chilton book Company , 1976.
- 96- **Kilikoglou,V.,Vekinis,G.,Maniatis,Y.andDay,P.M.** ;Mechanical performance of Quartz – tempered Ceramics,part 1, Archaeometry 40.(2) 1998,PP . 261-.279
- 97- **Kilmurry, K.** ; The manufacture of Stamford ware: an application of Thin–Sectioning and Neutron Activation analysis , in: Current





- research in Ceramic ,Thin Section Studies, Occasional 32 , British Museum , 1982 , PP.105-112 .
- 98- **Kingery , W . D. ;** Factors affecting thermal stress Resistance of ceramic materials in J . Am , Cerma , Soc . vol . 38 ,1955 .
  - 99- **Kingery, W.D. ;** Introduction to Ceramics John Wiley & Son, USA , 1960.
  - 100- **Koob , S.P. ;**The use of Paraloid B. 72 as an adhesive : its application for archaeological Ceramics and Other materials , studies in Conservation (31) , 1986 .
  - 101- **Koob, S. ;** Obsolete fill Materials found on ceramics in JAIC, volume 37, Number 1, 1998 .
  - 102- **Kotlik , P. ;** Impregnation under low Pressure , in Studies in Conservation , Vol. 43 . No 1 , 1998.
  - 103- **Kromer ,H. ;** Mineralogical and technology characteristics of ceramic clays, in international clay conference, Amsterdam, 1981,PP. 685-697 .
  - 104- **Kubiak , W.B.;** Medieval Ceramic Oil Lamps from Fustat , Arts Orientalis , VIII, Michigan, 1970.
  - 105- **Larney, J.;** Restoring Ceramics, Barrie& Jenkins London , 1975
  - 106- **Lay,L. ;**Corrosion resistance of technical ceramics,London ,1991 .
  - 107- **Lewin, S.Z.;**The mechanism of masonry decay through Crystallization , in: Conservation of Historic Stone building and monuments , National academy Press , washington , 1982 .
  - 108- **Lins, A. P.;**Ceramics and glass conservation,Musum News , 1977.
  - 109- **Lorna , L and Quirke , S. ;**Painting materials in Ancient Egyptian Materials and technology by Nicholson, p . and Shaw , I . Cambridge University Press, 2000.
  - 110- **Loretta, H. et al ;**Reconstructing major missing areas of ceramics vessels using clay in 11<sup>th</sup> triennial meeting , Scotland , 1996, PP.833-838.
  - 111- **Maggetti , M .;** Composition of Roman Pottery From Lousonna (Switzerland) , in Scientific studies in ancient ceramics (ed ) . by Hughes , M. J . British Museum Occasional Paper m No. 19. 1981 ,PP.33-50 .
  - 112- **Maggetti, M.;**Phase analysis and its Significance for technology and origin , in: Archaeological Ceramics ,by Olin,J. &Franklin A.D, Washington D.C. Smithsonian Institution press ,1982 PP . 121-134.
  - 113- **Maniatis, y.et al;** Technological examination of Low Fired Terracotta Statues From Asia Irini, Kea , Archaeometry , 24 (2) 1982, PP.191-198.



- 114- **Mannoni, T.**; Present day Know Ledge of Mediterranean pottery after years of thin –Sectioning at the University Of Genoa, in:Current research in Ceramics: thin Section Studies, edited by Freestone, I. et al, Occasional. 32. British Museum,1982,PP.89-92.
- 115- **Mark , P. A. & Heron , C.** ;Archaeological Chemistry – Royal Society of Chemistry, Cambridge press , 1996.
- 116- **Mason , R . B & Edward, K .**; Petrography of Islamic pottery from Fustat , in JARCE , 1990, PP . 165-183.
- 117- **Mason, R. and Tite, M.S.**; The beginnings of Tin– Opacification of pottery glazes, Archaeometry , 39 (1)1997 PP. 41-58.
- 118- **Matson, F.R.**; Ceramic technology as an aid to Cultural interpretation techniques and Problems , Museum of Anthropology , university of Michigan , 1951.
- 119- **Matson, F., R.** ;The quantitative study of ceramic Materials in the application of quantitative methods in archaeology, by Heizer, R., F. and cook, S., Chicago,1966,PP.34-57
- 120- **Mcmillan, P. W.**; Glass–Ceramic, second edition Academic press, London, 1964.
- 121- **Michel, J.** ;The Restorer's hand book of Ceramic and Glass , Canada , 1976 .
- 122- **Miriti, P.**;Recent advances in the Study of ancient Ceramic Bodies&coatings, in: Fourth Euro-ceramics vol. 14 the cultural ceramic Heritage. gruppo editorial Faenza editrice. Italy,1995, PP.13-22 .
- 123- **Molera,J.,Vendrell–Saz, M., Garcia–Valles, M. and Pradell, T.**;Technology and color development of Hispano-Moresque Lead glazes Pottery, Archaeometry39(1) 1997,PP.23-39.
- 124- **Moore, F.** ;2–Rheology of ceramic System , Institute of ceramic text book Service , Maclaren & Sons, Ltd London, UK, 1965.
- 125- **Nelson , G. C. & Burkett, R.** ; Ceramics Apotter's hand book , sixth edition , Worth , Thomson Learing , USA , 2002.
- 126- **Nelson ,K.** ;Ceramic Analysis in Archaeology Manual , Institute of international . Education subcontract ,1999,PP . 69-83
- 127- **Newey, C. et al** ; Science for conservators . Book 3 . Adhesives and Coatings , London , 1992.
- 128- **Norton , F. H.**; Refractories , 3<sup>rd</sup> ed . USA, 1949.
- 129- **Orton, C. , Tyers, P. , and Vince, A.** ; Pottery in Archaeology , Cambridge University Press , 1993.





- 130- **Paterakis, A. B.** ; The Consolidation and desalination of Ceramic Impregnated with Calcium acetate, the 10<sup>th</sup> ICOM triennial meeting committee for Conservation, Washington , 1993.
- 131- **Paterakis, A. B.**;Efflorescence testing on pottery in The ceramics Cultural Heritage, Vincenzini,P.(editor),1995,PP.661-668
- 132- **Paterakis,A.B.&Nunberg, S.** ;The stabilization of archaeological pottery in an Excavation study collection , in Le Desselement des Materiaux poreux , Paris , 1996 .
- 133- **Paterakis , A . B.** ; The desalination of consolidated Ceramics , in Interim meeting of the ICOM-CC working group , Vantaa , Finland , Glass , Ceramics and related materials edited by Paterakis , A. B. , 1998.
- 134- **Paterakis , A. B.** ; Those evasive Salt crystals . The 12<sup>th</sup> ICOM Triennial Meeting , Lyon , 1999.
- 135- **Peacock, D. P. S.**; The Scientific analysis of ancient Ceramics, a review, World Archaeology , vol .( 1 ) No.3 , 1970, PP.375-389.
- 136- **Pearlstein , E.** ; Conservation for The new Egyptian Galleries at the Brooklyn Museum , in Conservation in ancient Egyptian Collections , London , 1995.
- 137- **Peterson, S.**;The Craft and art of Clay , London , 1995.
- 138- **Petrie, E.M.** ; Hand book of Adhesives and Sealants , Mc Gram-Hill , U.S.A , 2000.
- 139- **Philon, H.**; Early Islamic Ceramics , Benaki Museum, Athens, 1980.
- 140- **Pilz, M. &McCarthy, B.** ;The comparative study of ORMOCER & paraloid B -72 for conservation of outdoor glazed ceramics . in : Fourth Euro. ceramics ,Vol. 14 The Cultural ceramics Heritage , gruppo editoriale Faenza editrice Ceramics , Italy , 1995, PP . 29-39 .
- 141- **Ravaglioli , A. & Krajewski , A.** ; Degradation & Preservation of the Majolicas of santa chiara in Naples in : Fourth Euro – Ceramics , vol 14 , the cultural ceramics heritage , gruppo editoriale Faenza editric ceramics , Italy , 1995 , PP . 403-409 .
- 142- **Reiderer, J.** ;Restoration, Preservation, Munich.Germany 1989 .
- 143- **Rhodes , D.** ;Clay and glazes for the potters, London , 1996.
- 144- **Riccardo, B.**; Products for the Consolidation and Surface Protection of historic Heritage Lapidary materials in seminar on Italian restoration & Conservation technologies , Egypt , 1996.
- 145- **Rice, P.W.** ;Pottery analysis, University of Chicago press, USA, 1987.
- 146- **Rice , R. W .** ; Porosity of ceramics , New york , 1998.



- 147- **Rice ,R.W** ; Fabrication of ceramics with designed porosity ; in 26 th Annual conference on composites,Advanced ceramics , Materials and structures edited by Lin ,H & Sing, M:Florida, 2002.
- 148- **Richardson, D. W.** ;Modern Ceramic Engineering, Marcel Dakker , U.S.A , 1992.
- 149- **Riley, J. A .;**The Petrological analysis of Aegean Ceramics in: Occasional Paper,No.32 .Current research in ceramic, Thin Section studies, British Museum, edited by Freestone, I., 1982, PP.1-8.
- 150- **Rosvall, J.;** Air Pollution and conservation in Durability of Building Materials,1988.
- 151- **Salmang, H. and francis, M. ;** Ceramics, London, ButterWorth , 1961 .
- 152- **Schwartz, M. ;** Hand book of structural Ceramic McrGraw–Hillinc , USA, 1992.
- 153- **Sandra, S. ;**British Bronze Age pottery, An overview of deterioration & current techniques of conservation at the British museum , in : the conservator , No.22, England, 1998, PP.3-11.
- 154- **Sease, C. ;**The Case against Using soluble Nylon in Conservation Work , Studies in Conservation , 26 , 1981.
- 155- **Sease , C.;** A conservation Manual for the Field Archaeologist, 3rd. Institute of Archaeology , university of California,USA , 1999.
- 156- **Selwitz , C.A. ;** The evalution of crystallization modifiers for controlling salt damage to time store,in journal of cultural Heritage ( 3)2002.
- 157- **Shepard, A.O.;** Ceramics for the Archaeologist, Washington, 1985.
- 158- **Sinopoli, C. M. ;** Approaches to Archaeological Ceramic, Plenum press , New York , 1991.
- 159- **Smialek, J. L. & Jacobson, N. S. ;** Mechanism of Strength degradation for hot Corrosion of  $\alpha$  . Sic , J. Am. Ceram . Soc .(69) 1996 .
- 160- **Smith, S. ;** The Manufacture and conservation of Egyptian faience, in: The 11<sup>th</sup> triennial meeting ICOM committee for conservation, Edinburgh Vol.( 2) , 1996, PP . 845-850 .
- 161- **Stambolov, T.;**The deterioration and Conservation of Porous Building materials in monuments, Rome ,1975.
- 162- **Thomson, G., ;** The Museum environment, Butter worth in association with international institute for conservation of historic and Artistic works , 1985.





- 163- **Tite, M.S. et al** ; The Use of Scanning Electron microscope in The technological Ceramics, edited by olin, J & Franklin, A. , Simth Sonian Institution press, Washington .D.C., 1982.
- 164- **Tite, M. S. & Kilikoglau, V. and Vekinis, G.** ;Strength, roughness and thermal shock resistance of ancient ceramics, and their infulence on technological, *Archaeometry*,43(3) 2001.
- 165- **Tite, M. S. , Free stone , I. Mason, R. , Molera, J . Vendrell-Saz , M. , and Wood, N.** ; Review article Lead glazes in Antiquity- Methods of production and reasons for use, *Archaeometry*,40(2) 1998, PP.241-260 .
- 166- **Tomsia, A. P. &Loehman , R.E.** ; Glass and Ceramic Joints, in: characterization of Ceramics, edited by Loehman, R. &Ftzpatrick, L.E, Butterworth- Heinemann, London, 1993,PP.211-227 .
- 167- **Vandiver, P. B.** ; Corrosion and conservation of ancient glass and ceramics , in *Corrosion of glass & Ceramics* , edited by clark , E. D., University of Florida Department of materials Science & engineering , USA 1992 , PP. 393-430 .
- 168- **Warren, J.** ; Conservation of Brick . Butter worth, Heinemann, oxford , 1999 , P.92
- 169- **Watchman, J. B.**; Mechanical properties of ceramics, John Wiley & Sons , New York , 1996.
- 170- **Watkins, S. C. & Scott, R.** ; Timeless problems, Reflection on the Conservation of archaeological Ceramics,in *The British Museum Occasional Paper*, NO.145, edited by Oddy, A. & Smith, S., 2001, PP . 195-200 .
- 171- **Weier, L. E.** ; The deterioration of inorganic materials under The sea, *Bulletin of The Institute of archaeology*, No. 11, London, 1973 , PP. 131-145.
- 172- **Whitbread, I. K.**;The characterization of Argillaceous inclusions in Ceramic Thin Section , *Archaeometry* 1986 (28) 1 , PP.79-88.
- 173- **Winkler, E. M.** ;Problems in the deterioration of stone, in conservation of Historic stone buildings and monuments , National academy press , Washington , 1982.
- 174- **Zakin , R .**; Ceramics , mastering The craft , chilton book company , USA , 1990 .





conservation materials such as cleaning and consolidation materials .

**Chapter six:** This chapter includes the applied study . 24 ceramic lamps were choosen from the Islamic Museum " Faculty of Archaeology , Cairo University ". This group had many features of deterioration .

The restoration processes started with the mechanical cleaning , then chemical cleaning by Calgon solution . The next stage is the completion with a mixture of grog and paraloid B-72 solution . After that consolidation with a solution of paraloid B-72 (5%) not only applied for weak body but also for the glazed surface.



The second section of this chapter includes a study of the deterioration phenomena of ceramic lamps . These phenomena are divided to cracks in body, warping, dunting, crazing, crackle , crawling , peeling, bloating , pinholing , friability , blackening, stains and corrosion.

**Chapter Four:** This chapter studies restoration and conservation of ceramic lamps . This process started with documentation ,cleaning may be mechanically, chemically or by using enzymes, by ultrasonic and by laser, the next stage includes removal of soluble and insoluble salts . The next stage is bonding with best adhesives . Consolidation by solution of 5% of Paraloid B72 and completion by plaster of paris , poly filla and paste of grog and adhesive.

**Chapter Five:** This chapter includes methods used in analysis and investigation . The Polarizing microscope is an useful technique in determining minerals, slips, ratio of inclusions in matrix , 14 samples from Fustat have been studied .

X-Ray diffraction analysis is used in determining the present minerals in ceramic lamps . This method is used to study 14 samples from Fustat and 7 samples from the Islamic museum " Faculty of Archaeology " . Scanning Electron Microscope " SEM" is also used to study the body and the glaze layer of the ceramic lamps , SEM played an important role in studying



of Iron compounds or organic materials , besides the role of firing atmosphere and the temperature of firing .

Thermal properties are very important because ceramic lamps suffer from heat during firing and heat during utilization which causes thermal stresses .

The chapter also includes atheoretical study of thermal properties through thermal expansion , thermal conductivity and thermal shock , also factors which affect on thermal properties .

The chapter also studies other properties such as hardness , bulk density , microstructure , texture and thickness .

**Chapter three:** There is no doubt that ceramic lamps suffer from many deterioration factors that divided into four stages, The first stage is related to the hetrogeneity of body components .

The second stage is related to the utilization . the repeated heating cycle every day causes many deterioration phenomenon . The next stage have been done during burial according to the presence of moisture , salts , acidity and alkalinity of soil that may destroy ceramic lamps .

The last stage comes after the exposure to the environmental shock and climatic changes in open environment beside the wrong handling and restoration .





## SUMMARY

There is no doubt that ceramic lamps played an important role in the social life in Islamic periods , that we can find many types of lamps such as pointed –oral, Bowl, Box and dish shapes .

The study consists of 6 chapters :

**Chapter one:** This chapter a theoretical study for the used raw materials and techniques of ceramic lamps. Clay is the base of body in addition to some addatives like sand , grog , fossils . The glaze layer consists mainly of sand , Alumina and fluxes " Lead - Alkaline , Earthen oxides " beside some colorants materials .

Clay, sand, grog have been mixed to prepare the paste of lamps , these lamps were formed on the potter's wheel or by mould or by hand made , also glaze raw materials have mixed and applied by brushing or dipping on the lamps surface .

Firing process is playing an important role in body components that it changes to stable materials , also firing " Atmosphere, temperature and duration " have a great effect on the colors of glaze.

**Chapter two :** This chapter is studying the properties of ceramic bodies . Porosity is one of the most important property that affects on all properties, strength of materials is very important for ceramic durability, color may refers to the presence



## Key Words

cermic lamps

Glaze

Fluxes

Thermal Properties

Deterioration

Cleaning

Calgon

Consolidation

Completion

Retouch



## SUMMARY

This thesis study technology, treatment and conservation of Archaeological Islamic ceramic lamps with application on some selected objects. The study consists of 6 chapters :

**Chapter one** studies raw materials and techniques of ceramic lamps. Clay is the base of body in addition to some additives beside the glaze layer. Firing process is playing an important role in body components that it changes to stable materials .

**Chapter two** studies the properties of ceramic bodies . Porosity, strength, color, Thermal properties . The chapter also studies other properties such as hardness , bulk density , microstructure , texture and thickness .

**Chapter three** study deterioration factors that divided into, the heterogeneity of body components . Utilization , burial. The last stage comes after the exposure to the environmental shock. The second section of this chapter includes a study of the deterioration phenomenon of ceramic lamps.

**Chapter Four** studies restoration and conservation of ceramic lamps. cleaning , removal of soluble and insoluble salts . bonding with best adhesives . Consolidation

**Chapter Five:** This chapter includes methods used in analysis and investigation . The Polarizing microscope is an useful technique in determining minerals, slips, ratio of inclusions in matrix. XRD used in determining the present minerals in ceramic lamps. SEM used to study the body and the glaze and played an important role in studying conservation materials such as cleaning and consolidation materials .

**Chapter six:** This chapter includes the applied study on 24 ceramic lamps from the Islamic Museum " Faculty of Archaeology , Cairo University ". This group had many features of deterioration . The restoration process started with cleaning , then cleaning by Calgon solution . The next stage is the completion with a mixture of grog and paraloid B-72 solution . After that consolidation with a solution of paraloid B-72 (5%) not only applied for weak body but also for the glazed surface.



**Cairo University**  
**Faculty of Archaeology**  
**Conservation Department**



**Study of Technology, Treatment  
and Conservation of Archaeological  
Islamic Ceramic Lamps with  
Application on some Selected  
Objects**

**Thesis Submitted by**  
**Hamada Sadek Ramadan Kotop**  
Demonstrator at Conservation Department  
Faculty of Archaeology (Fayum Branch)  
Cairo University

**For Fulfillment of Master Degree in  
Conservation of Antiquities**

**Supervised By**  
**Prof. Dr. Mohamed Abd EL-Hady**  
Ex- Vice dean for Faculty of Archaeology,  
Cairo University  
Cultural Counsellor of Egypt on Poland.

**Dr. Gamal A. Mahgoub**  
Ass. professor ,  
Vice- Dean of Faculty of Archaeology,  
Cairo University (Fayum Branch)

**Dr. Mohamed Moustafa Ibrahim**  
Ass. professor, Conservation  
department, Faculty of  
Archaeology, Cairo University.

**2005**



